



# Caracterização das diferentes designações comerciais de arroz

Mónica Geraldo de Jesus

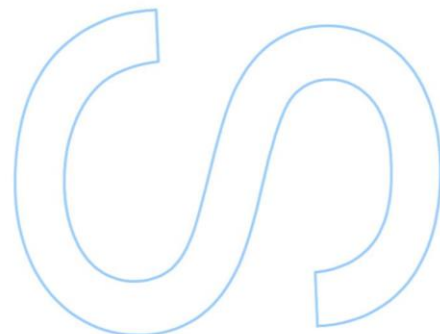
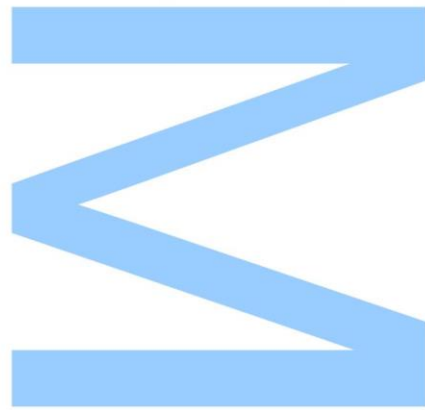
Tecnologia e Ciência Alimentar  
Departamento de Química e Bioquímica  
2019

## **Orientador**

Doutor Victor Armando Pereira Freitas  
Professor Catedrático, Faculdade de Ciências da Universidade do Porto

## **Coorientador**

Diogo Lemos,  
Diretor do Departamento de Qualidade, Novarroz – Produtos Alimentares, S.A.





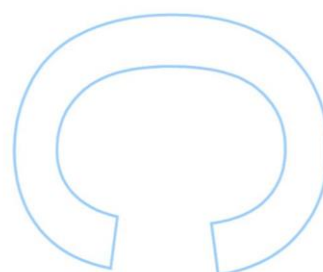
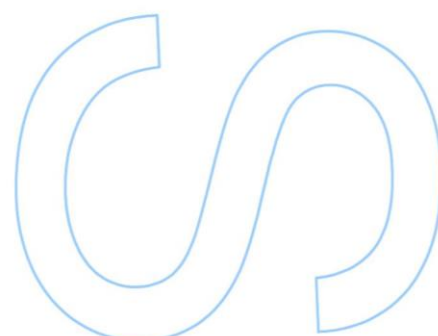
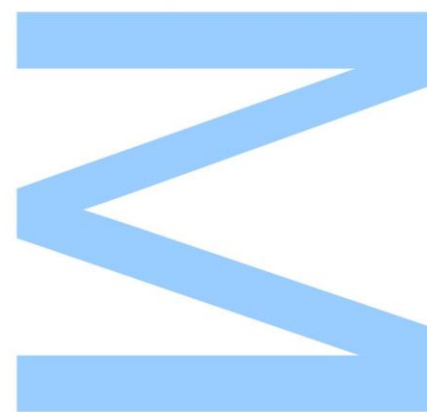
Escola de Engenharia

**Universidade do Minho**

Todas as correções determinadas pelo júri, e só essas, foram efetuadas.

O Presidente do Júri,

Porto, \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_



# Agradecimentos

Gostaria de agradecer a todas as pessoas e instituições que permitiram a realização deste trabalho:

À Novarroz – Produtos Alimentares, S.A., especialmente ao Departamento da Qualidade, por me ter recebido e pelos apoios cedidos. Em especial ao meu orientador Diogo Lemos, responsável pela direção do Departamento da Qualidade da empresa Novarroz, pelos ensinamentos teóricos e práticos, pelos conselhos, pela confiança e disponibilidade transmitidos, e pela ajuda prestada no desenrolar deste trabalho. E ainda pela boa disposição, amizade e companheirismo demonstrados.

À Faculdade de Ciências da Universidade do Porto, em especial ao professor Doutor Victor Freitas pela orientação deste projeto e pela inteira disponibilidade que demonstrou na resolução de qualquer contratempo surgido.

Às técnicas de controlo de qualidade da empresa e todos os colaboradores do Departamento de Qualidade que sempre manifestaram inteira disponibilidade e companheirismo comigo. Obrigada por todas as explicações, orientações, demonstrações práticas, pelos conselhos, pelas gargalhadas, pelas canecas de chá e pelos docinhos típicos da região.

Ao Rui que tanto me ensinou e aconselhou. Pela semelhança dos nossos percursos académicos já nos podíamos ter cruzado, mas só agora é que tive o gosto de o conhecer. Muito obrigada pelas conversas, pelos cafés, pelas gargalhadas e pela partilha! À Mariana por toda a paciência, predisposição demonstrada e pelos ensinamentos partilhados, deixo também o meu agradecimento. A todas as pessoas da Novarroz, que em algum momento deste caminho me apoiaram e contribuíram para este trabalho, obrigada. Convosco foi muito mais fácil!

Aos meus amigos que acreditam sempre em mim, que me transmitem incondicionalmente confiança e que tornam dias mais cinzentos em dias bem mais coloridos. Àqueles que me acompanham há mais tempo, aos que a Universidade do Porto me deu e aos que o mestrado me presenteou, o meu muito obrigada mais sincero e de coração. Se isto foi possível concretizar sem perder o sorriso declaro-vos culpados por isso, obrigada! Quero ver-vos conquistar o mundo!

À minha família, em especial aos meus pais que acima de tudo permitiram que eu conseguisse tudo isto. É a minha vez de vos dizer que vocês é que são o meu orgulho! Obrigada por todo o sacrifício, por todo o colo, por todo o amor, por me fazerem rir e ver a vida com toda a graça que tem. A família é sem dúvida a minha sorte grande, para vocês o OBRIGADA é em letras grandes.

A todos vocês Muito Obrigada!

# Resumo

Este trabalho, desenvolvido em colaboração com a Novarroz – Produtos Alimentares, S.A. tem como objetivo caracterizar as diferentes tipologias de arroz vindas de diferentes locais.

*Oryza sativa L.*, conhecida como arroz, representa o alimento base da dieta de metade da população do mundo e tem uma produção anual de cerca de 769 milhões de toneladas em todo o mundo. Tendo em conta as suas propriedades a nível de fonte de energia e de nutrientes, e da importância que representa na dieta de muitos países, o conhecimento da composição das diferentes variedades e a sua variação consoante o meio onde se encontram é de bastante relevo.

Esta avaliação é importante do ponto de vista que o conhecimento de algumas características físico-químicas do arroz ajudam a perceber e a prever o comportamento do arroz durante o processo de cozimento e relacionar as variedades de forma mais adequada aos diferentes pratos. Esta caracterização permite também a comparação entre variedades de forma a encontrar variedades semelhantes ou mesmo confirmar de que modo se podem gerar novos produtos.

Foram avaliadas variedades de diferentes tipos de arroz, nomeadamente agulha, carolino, risotto, basmati, médio e jasmim que a empresa comercializa. Onde serão caracterizados os parâmetros de tempo de cozedura, análise de viscosidade e dados biométricos.

Obter um produto de qualidade não só coloca uma empresa com maior capacidade competitiva, como é uma questão de sobrevivência financeira da mesma. Foco no cliente e oferecer ao consumidor um produto que corresponda às suas expectativas, e que até possa superá-las, é uma das chaves do sucesso. O Sistema de Gestão da Qualidade (SGQ) é uma ferramenta que traz controlo e padronização dos processos de forma a assegurar a qualidade, e por conseguinte a satisfação das partes interessadas. A certificação de um SGQ funciona como um reconhecimento do cumprimento de um conjunto de requisitos que assegura essa qualidade, e transmite confiança ao consumidor. A certificação, entre outras vantagens, reforça a competitividade face à concorrência e facilita o acesso a novos mercados.

Através dos resultados obtidos observou-se que as amostras de vaporizado tiveram os valores mais baixos em teor de humidade, e também dos parâmetros BT, BV e % área gessada. O perfil de viscosidade deste tipo de arroz é distinto dos restantes. O arroz basmati é o tipo de arroz que apresenta os grãos mais finos e compridos, com uma relação c/l elevada e consequente grande área de contacto, apresenta valores de tempo de cozedura ( $t_{90\%}$ ) baixos. Amostras de arroz médio e risotto têm caracteristicamente grãos mais largos e curtos, e apresentam valores de BT, BV e % área gessada elevados. Ainda foi possível verificar que amostras da subespécie *índica* apresentam valores de taxas de absorção de água e valores de SB superiores às amostras da subespécie *japónica*. Enquanto o contrário acontece para os valores de VP e Bd onde as amostras da

subespécie *japónica* apresentam tendencialmente valores mais elevados, apesar das amostras de jasmim (*índica*) serem detentoras do valor mais elevado.

A qualidade de cozedura de uma determinada variedade de arroz é avaliada pelo aspeto, textura, tempo que demora a cozer, pela dureza do grão após o processo de cozedura, o aspeto mais cremoso ou mais solto. E por isso, a caracterização e avaliação dos diferentes parâmetros auxiliam as indústrias arroseiras na escolha das melhores opções a disponibilizar em cada mercado. O RVA é uma ferramenta muito usada na avaliação da qualidade do arroz. O essencial é não interpretar os parâmetros individualmente mas sim fazer a sua interligação tendo em conta os vários fatores que podem influenciar.

**Palavras-chave:** arroz, variedades, caracterização, cozedura, viscosidade, sistema de gestão de qualidade

# Abstract

This work, developed in collaboration with Novarroz – Produtos Alimentares, S.A. company, aims to characterize the different types of rice that coming from different locations.

*Oryza sativa* L., known as rice, represents the diet food base of half the world's population and has an annual output of about 769 million tons worldwide. Considering its properties in energy source and nutrients, and the importance it represents in the diet of many countries, the knowledge of the composition of the different varieties and their variation according to the environment where they are found is really important.

This study is important because the knowledge of some physical-chemical characteristics of the rice helps to perceive and to predict the behavior of the rice during the cooking process and relating them in a more appropriate way to the different dishes. This characterization also allows the comparison between varieties in order to find similar ones or even to confirm how new products can be generated.

Varieties of different types of rice long grain, carolino, risotto, basmati, medium and jasmim that the company will market was evaluated. Where will be characterized the parameters of cooking time, viscosity analysis and biometric data.

Getting a quality product gives the company highest ability, as well it's a matter of financial survival. Focus on client and give a product that satisfy their expectations, and that can be exceed them, is one of the keys to success. The Quality Management System (QMS) is a tool that brings control and standardization of processes to guarantee the quality, and wherefore satisfaction of related parties. A certified QMS works as a recognition of compliance with a set of requirements that ensures this quality, and conveys assurance to the consumer. Certification, between other advantages, strengthens competitiveness against competition and opens access to new markets.

From the results, it was observed that the parboiled samples had the lowest values of moisture content, as well as the parameters of BT, BV and chalky area. The viscosity profile of this type of rice is distinct from the others. Basmati rice is the type of rice that has the thinnest and longest grains and low cooking time values ( $t_{90\%}$ ), due to its high w/l ratio and consequent large contact area. Samples of medium and risotto rice are characteristically large and short, with high values of BT, BV and chalky area. It was also possible to verify that samples of the *indica* subspecies have higher water absorption rates and SB values than the samples of the *japonica* subspecies. While for VP and Bd values are the *japonica* samples that tend to have higher values, although jasmine (*indica*) samples have the highest value.

The cooking quality of a particular variety of rice is assessed by the appearance, texture, time it takes to cook, the hardness of the grain after the cooking process, the creamier or looser appearance. Therefore, the characterization and evaluation of the different parameters help the rice

industries provide the best options in each market. RVA are one of the most useful tools for rapidly assessing rice quality. The key is not interpret the parameters individually but make their interconnection, considering the different factors that may influence.

**Key-words:** rice, varieties, characterization, cooking, viscosity, quality management system

# Índice

Agradecimentos.....	v
Resumo.....	vii
Abstract .....	ix
Índice de figuras .....	xiii
Índice de tabelas .....	xvi
Lista de abreviaturas .....	xvii
1. Introdução .....	1
1.1. Arroz .....	2
1.1.1. Cultivo de arroz.....	5
1.1.2. Estrutura anatómica do grão .....	6
1.1.3. Composição nutricional .....	8
1.1.3.2. Proteínas.....	11
1.1.3.3. Lípidos .....	11
1.1.3.4. Componentes minoritários: minerais e vitaminas .....	12
1.1.4. Arroz integral vs arroz branqueado.....	12
1.2. Arroz: designações legais e comerciais.....	13
1.3. Caracterização das variedades de arroz.....	15
1.3.1. Gelatinização do amido .....	16
1.3.2. Outras propriedades que influenciam as características do arroz cozido .....	18
1.3.3. Rapid Visco Analyser (RVA).....	19
1.4. Novarroz – Produtos Alimentares, S.A. ....	20
1.4.1. Processo industrial.....	21
1.4.2. Sistema de Gestão da Qualidade.....	22
2. Objetivos .....	24
3. Materiais e Métodos.....	26
3.1. Amostras de arroz .....	27
3.2. Determinação do tempo de cozedura.....	28
3.3. Determinação das propriedades de viscosidade do arroz com o viscosímetro de análise rápida de viscosidade (RVA – Rapid Visco Analyser) .....	30
3.4. Determinação da taxa de absorção de água de cada variedade .....	32
3.5. Determinação das características biométricas dos grãos de arroz das variedades analisadas .....	32
3.6. Análise estatística.....	33
4. Resultados e discussão .....	35



4.1.	Humidade das amostras.....	36
4.2.	Características biométricas – dimensões do grão .....	37
4.3.	Características biométricas: brancura total e vítrea, área gessada e <i>kett</i> .....	39
4.5.	Determinação das propriedades de viscosidade do arroz .....	46
4.7.	Arroz integral vs Arroz branqueado .....	60
4.8.	Procedimentos do SGQ.....	64
5.	Conclusões .....	67
	Referências .....	72
6.	Anexos.....	78

# Índice de figuras

<b>Figura 1</b> – Lado esquerdo: comparação dos valores de produção mundial de arroz em casca nas campanhas 2017/18, 2018/19 e 2019/20 (segundo previsões) com os países asiáticos e sul americanos com maior relevância e EU (adaptado de AMIS – Supply and Demand). Lado direito: produção mundial de arroz (descascado) em milhões de toneladas (eixo da esquerda), desde 2010/11 até à previsão para a campanha de 2019/20 de aproximadamente 516,7 milhões de toneladas. Bem como a relação com a sua utilização, que nos últimos anos apresentam uma relação mais próxima. Adicionalmente, representação gráfica do stock final de cada ano de campanha (eixo da direita). ....	3
<b>Figura 2</b> - a) Representação dos países produtores de arroz destacando os coloridos a castanho-escuro que representam as regiões com maior expressão na produção (Ásia e América do Sul) - China, Índia e Indonésia são os três principais produtores. África também tem ganho expressão. b) Mostra que os países asiáticos se destacam na comercialização de arroz. A China é o maior importador (cor laranja) representando 8,5% do arroz importado globalmente. Enquanto a Índia é o líder na exportação correspondendo a 26,3% da exportação mundial.....	3
<b>Figura 3</b> – As subespécies mais comuns de arroz: a) japónica e b) índica.....	4
<b>Figura 4</b> - Representação das principais etapas do desenvolvimento do arroz. Da esquerda para a direita: semente em fase de germinação; início do desenvolvimento de folhas; perfilhamento da cultura; desenvolvimento da panícula; florescimento; expansão dos grãos; maturação completa dos grãos na panícula. (fonte: Stoller).....	5
<b>Figura 5</b> – Morfologia do grão de arroz.....	7
<b>Figura 6</b> – Distribuição energética do arroz comum cru (Fonte: Instituto Nacional de Saúde Doutor Ricardo Jorge - INSA) .....	8
<b>Figura 7</b> - Estrutura química da a. Amilose e b. Amilopectina (adaptado de Ghanbarzaden, B. (2013) - “Biodegradable Polymers”);.....	9
<b>Figura 8</b> - 1. Modelo da região cristalina no grânulo de amido. Representação das interações entre as hélices da amilose e amilopectina, e ainda lípidos (adaptado de Belitz, H. (2009) – “Food chemistry”; 2. Diagrama esquemático do grânulo de amido, onde estão apresentadas as regiões cristalinas e amorfas, que se devem sobretudo à estrutura da amilopectina (adaptado de Ratnayake, W. (2009) – “Starch gelatinization”). .....	9
<b>Figura 9</b> – Descrição representativa dos processos que ocorrem durante o aquecimento, hidratação e arrefecimento no amido (adaptado de Lida, Y. (2008), Innovative Food Science). .....	17
<b>Figura 10</b> – Perfil típico de RVA do amido de arroz (Fonte: Copeland, L. (2009) Form and functionality of starch). .....	20
<b>Figura 11</b> – Logotipo atual da empresa. ....	20
<b>Figura 12</b> – Representação simplificada das etapas do processo industrial da transformação de arroz.....	22
<b>Figura 13</b> – Difusores de alumínio onde se coloca o arroz a cozer, permitindo retirar o arroz em diferentes tempos de cozedura. ....	29
<b>Figura 14</b> – Técnica usada para quantificar os grãos que contêm núcleos brancos. (1) Distribuir bem 20 grãos pela superfície da placa de Petri; (2) Com a ajuda de outra placa, esmagar os grãos e contar o número de grãos com núcleos brancos; (3) O procedimento repete-se até ao tempo que corresponde ao primeiro ensaio no qual não se observam núcleos brancos, isto é grãos gelatinizados/cozidos. ....	29

<b>Figura 15</b> - Farinha de arroz, as partículas da amostra têm de ser iguais ou inferiores a 0,5 mm; b) copo e pá propulsora usadas no procedimento; c) RVA associado ao software TCW3.	31
<b>Figura 16</b> – Curva típica de RVA obtida após realização do teste descrito no ponto 3.3. dos materiais e métodos.	32
<b>Figura 17</b> - a) Equipamento de análise morfológica de arroz - AgroMay Statistic Analyzer S21 LKL; b) colorímetro - Kett Eletric Laboratory, model C-300-3.	33
<b>Figura 18</b> – Teor de humidade das amostras analisadas. . (verde – carolinos; amarelo – agulhas; roxo – médios; bege – risotto; laranjas – vaporizados; cinzento – basmati; azul – jasmim).	36
<b>Figura 19</b> – Correlação do coeficiente de Pearson entre teor de humidade e comprimento. A correlação é significativa estatisticamente para $*p \leq 0,05$ .	37
<b>Figura 20</b> – Comprimento (barras a azul), largura (barras a laranja) no eixo da esquerda e relação comprimento-largura (linha laranja) dos grãos de arroz, no eixo da direita, das amostras analisadas.	38
<b>Figura 21</b> – Correlação do coeficiente de Pearson entre comprimento e largura dos grãos de arroz. A correlação é significativa estatisticamente para $***p \leq 0,05$ .	39
<b>Figura 22</b> – Exemplo de um grão translúcido (lado esquerdo) e um grão gessado (lado direito).	39
<b>Figura 23</b> – Apresentação dos resultados da brancura total (barras a cinzento) e vítrea (barras a amarelo), no eixo da esquerda e percentagem de área gessada (linha a laranja) no eixo da direita, das amostras analisadas.	40
<b>Figura 24</b> - Do lado esquerdo: Correlação do coeficiente de Pearson entre a BT e BV. Do lado direito: Correlação do coeficiente de Pearson entre a BT, BV e % área gessada. A correlação é significativa estatisticamente para $***p \leq 0,05$ .	41
<b>Figura 25</b> - Do lado esquerdo: Correlação do coeficiente de Pearson entre a BT e dimensões do grão. Do lado direito: Correlação do coeficiente de Pearson entre a % área gessada e dimensões do grão. A correlação é significativa estatisticamente para $**p \leq 0,05$ .	42
<b>Figura 26</b> – Valores de kett obtidos para as amostras de arroz analisadas.	42
<b>Figura 27</b> - Do lado esquerdo: Correlação do coeficiente de Pearson entre o kett, BT e % área gessada. Do lado direito: Correlação do coeficiente de Pearson entre o kett e dimensões do grão. A correlação é significativa estatisticamente para $**p \leq 0,05$ (c e l) e para $***p \leq 0,05$ (BT, %área gessada e c/l).	43
<b>Figura 28</b> – Taxas de absorção obtidas para as amostras analisadas. (verde – carolinos; amarelo – agulhas; roxo – médios; bege – risotto; laranjas – vaporizados; cinzento – basmati; azul – jasmim).	44
<b>Figura 29</b> - Correlação do coeficiente de Pearson entre %absorção de água e relação c/l dos grãos de arroz. A correlação é significativa estatisticamente para $***p \leq 0,05$ .	45
<b>Figura 30</b> – Perfil de viscosidade (eixo do lado esquerdo) obtido através do RVA, de cada tipo de arroz analisado. Linha a picotado: representação dos valores de temperatura atingidos (eixo lado direito) durante o teste.	47
<b>Figura 31</b> – Valores de viscosidade do pico (cP-centistokes) das curvas de RVA. (verde – carolinos; amarelo – agulhas; roxo – médios; bege – risotto; laranjas – vaporizados; cinzento – basmati; azul – jasmim).	49
<b>Figura 32</b> – Valores da temperatura Pasting, em graus centígrados, das amostras de arroz analisadas. (verde – carolinos; amarelo – agulhas; roxo – médios; bege – risotto; laranjas – vaporizados; cinzento – basmati; azul – jasmim).	50

<b>Figura 33</b> – Apresentação dos resultados correspondentes ao tempo de pico, em minutos, das amostras de arroz analisadas. (verde – carolinos; amarelo – agulhas; roxo – médios; bege – risotto; laranjas – vaporizados; cinzento – basmati; azul – jasmim).....	51
<b>Figura 34</b> - Apresentação dos resultados correspondentes à viscosidade da vala, em cP, das amostras de arroz analisadas. (verde – carolinos; amarelo – agulhas; roxo – médios; bege – risotto; laranjas – vaporizados; cinzento – basmati; azul – jasmim).....	52
<b>Figura 35</b> - Apresentação dos resultados correspondentes ao breakdown, em cP, das amostras de arroz analisadas. (verde – carolinos; amarelo – agulhas; roxo – médios; bege – risotto; laranjas – vaporizados; cinzento – basmati; azul – jasmim).....	52
<b>Figura 36</b> - Apresentação dos resultados correspondentes à viscosidade final, em cP, das amostras de arroz analisadas. (verde – carolinos; amarelo – agulhas; roxo – médios; bege – risotto; laranjas – vaporizados; cinzento – basmati; azul – jasmim).....	53
<b>Figura 37</b> - Apresentação dos resultados correspondentes ao setback, em cP, das amostras de arroz analisadas. (verde – carolinos; amarelo – agulhas; roxo – médios; bege – risotto; laranjas – vaporizados; cinzento – basmati; azul – jasmim). ....	54
<b>Figura 38</b> – Agrupação dos resultados da VP, vala, breakdown, VF e SB das amostras analisadas de arroz.....	56
<b>Figura 39</b> - Correlação do coeficiente de Pearson entre Viscosidade do pico e viscosidade da vala, Breakdown e Viscosidade final dos grãos de arroz. A correlação é significativa estatisticamente para *** $p \leq 0,05$ . ....	56
<b>Figura 40</b> – Do lado esquerdo (A): Correlação do coeficiente de Pearson entre Breakdown, Viscosidade final e Setback ou retrogradação, dos grãos de arroz. A correlação é significativa estatisticamente para ** $p \leq 0,05$ . Do lado direito (B): Correlação do coeficiente de Pearson entre Viscosidade final e Setback ou retrogradação das amostras de arroz analisadas. A correlação é significativa estatisticamente para * $p \leq 0,05$ . ....	57
<b>Figura 41</b> – Resultados obtidos para tempo de cozedura, em minutos, considerando que este corresponde ao tempo em que 90% dos grãos se encontram cozidos.....	59
<b>Figura 42</b> – Lado esquerdo: Correlação do coeficiente de Pearson entre t90% e relação c/l dos grãos de arroz. Lado direito: Correlação do coeficiente de Pearson entre t90% e %absorção de água dos grãos de arroz. As correlações são significativas estatisticamente para * $p \leq 0,05$ . ....	60
<b>Figura 43</b> – Diferença de aspeto visual entre arroz integral (lado esquerdo) e arroz branqueado (lado direito). ....	61
<b>Figura 44</b> – Lado esquerdo: Resultados obtidos para os parâmetros kett, brancura total e vítrea e % área gessada para a amostra de arroz agulha integral “IndicaInt” em comparação com os dados da amostra “IndicaA1i”. Lado direito: Resultados obtidos para os parâmetros kett, brancura total e vítrea e % área gessada para a amostra de arroz carolino integral “JaponicaInt” em comparação com os dados das amostras do grupo A.....	62
<b>Figura 45</b> – Lado esquerdo: comparação dos resultados obtidos para os parâmetros de viscosidade entre a amostra de arroz agulha integral - “IndicaInt”, e a amostra de arroz branqueado “Indica A1i”. Lado direito: comparação dos resultados obtidos para os parâmetros de viscosidade entre a amostra de arroz carolino integral - “JaponicaInt”, e as amostras de arroz branqueado do grupo A. Tendo em consideração que VP – viscosidade do pico, Bd – Breakdown, Vf – viscosidade final e SB – Setback. ....	63

## Índice de tabelas

<b>Tabela 1</b> – Composição nutricional de arroz integral e branqueado, referente a 100 g de alimento edível (Fonte: INSA). .....	13
<b>Tabela 2</b> – Classificação do arroz quanto à dimensão dos grãos. ....	14
<b>Tabela 3</b> – Apresentação da lista de amostras analisadas da subespécie índica, com o respetivo código, tipo e localização geral. ....	27
<b>Tabela 4</b> – Apresentação da lista de amostras analisadas da subespécie japónica, com o respetivo código, tipo e localização geral. ....	28
<b>Tabela 5</b> – Ciclos de tempo/temperatura usados no teste do perfil de viscosidade para o arroz, de acordo como AACC. ....	30
<b>Tabela 6</b> – Dados obtidos para a taxa de absorção de água das amostras de arroz analisadas, no tempo de cozedura. ....	45
<b>Tabela 7</b> - Apresentação dos dados das duas amostras de arroz integral em comparação com as mesmas variedades em arroz branqueado. ....	61
<b>Tabela 8</b> – Dados obtidos para t(90%) das amostras de arroz integral, e comparação com valores para amostras branqueadas da mesma variedade. ....	64

# Lista de abreviaturas

- (SGQ) Sistema de Gestão da Qualidade
- (IRRI) Instituto Internacional de Investigação de Arroz
- (T) Temperaturas
- (FAO) Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura
- (Tg) Temperatura de gelatinização
- (HC) Hidrato de carbono
- (RVA) Rapid Visco Analyser/ Viscosímetro de Análise Rápida
- (AACC) American Association for Cereal Chemists
- (MP) Matéria-prima
- (BRC) British Retail Consortium
- (HACCP) Análise de Perigos e Controlo dos Pontos Críticos
- (IFS) International Featured Standard
- (SHST) Segurança, Higiene e Saúde no Trabalho
- (l) largura do grão
- (c/l) relação comprimento-largura
- (c) comprimento
- (BT) brancura total
- (BV) brancura vítrea
- (VP) viscosidade de pico
- (Tp) temperatura pasting
- (V<sub>vala</sub>) viscosidade da vala
- (Bd) breakdown
- (VF) viscosidade final
- (SB) setback
- (DQ) departamento da qualidade
- (EPIs) Equipamentos de Proteção Individual
- (BPH) Boas Bráticas de higiene

# 1. Introdução

## 1.1. Arroz

O arroz, segundo o Instituto Internacional de Investigação de Arroz (IRRI), é o alimento base da dieta de metade da população do mundo. Cerca de 90% do consumo e produção de arroz é representado pelo continente asiático. A América Latina também tem grande relevância na produção e consumo de arroz.

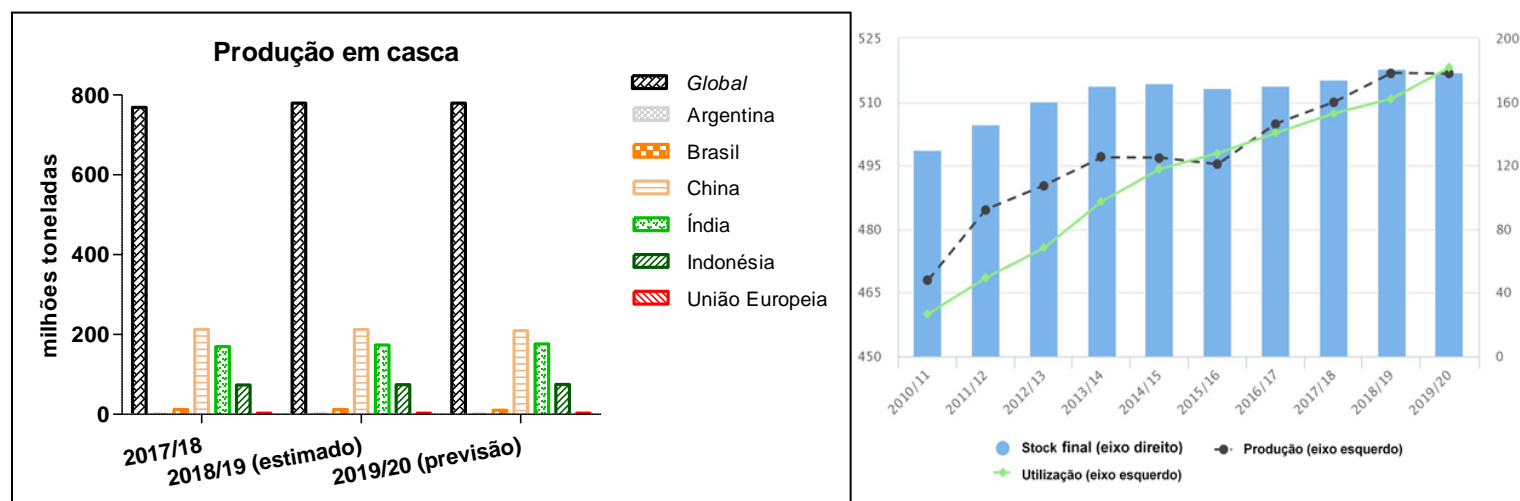
Segundo estimativas, a produção desta cultura terá tendência em aumentar até 2050 para acompanhar o crescimento populacional. Uma vez que é uma cultura extremamente versátil, que se adapta a diferentes condições de solo e clima. Faz com que possa ser considerada uma espécie com grande potencial para o combate da fome no mundo <sup>[1, 2]</sup>.

O arroz, o trigo e o milho ocupam os três lugares de maior importância no que toca a culturas de cereais. Representando 42% das calorias consumidas por dia pela população mundial. O trigo cobre ligeiramente uma área mais alargada de cultivo, contudo uma quantidade considerável deste cereal é usado na alimentação animal. Por outro lado, o arroz é a cultura de cereal consumida quase exclusivamente por humanos. Além disso, o arroz é o que tem maior destaque nos países de baixo e médio nível económico <sup>[1, 2]</sup>.

Este cereal é produzido em vastas áreas do mundo, apesar dos requisitos de crescimento exigirem, no geral, temperaturas médias a altas e suprimentos de água abundantes. A estimativa da Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura (FAO) relativamente à produção mundial de arroz para 2018/2019 é de 779,62 milhões de toneladas de arroz em casca. Valor muito semelhante é previsto para 2019/2020 – 779,53 milhões de toneladas. <sup>[3]</sup> É uma cultura de cereal muito importante para alguns países, sendo exportado e importado entre muitas regiões, representando grande valor económico em muitos deles. Os países asiáticos têm um papel de destaque, pois apresentam os números mais elevados de produção de arroz a nível global (figura 1) <sup>[3]</sup>. A China é o país berço do arroz e tradicionalmente este cereal marca presença na alimentação de dois terços da população chinesa. Sendo líder na produção e importação deste cereal (figura 2). Não só pela vasta área que disponibiliza para uso agrícola, mas também pelas condições climáticas e características do solo fértil que possui, culminando no crescimento deste bem valioso para a economia <sup>[4]</sup>.

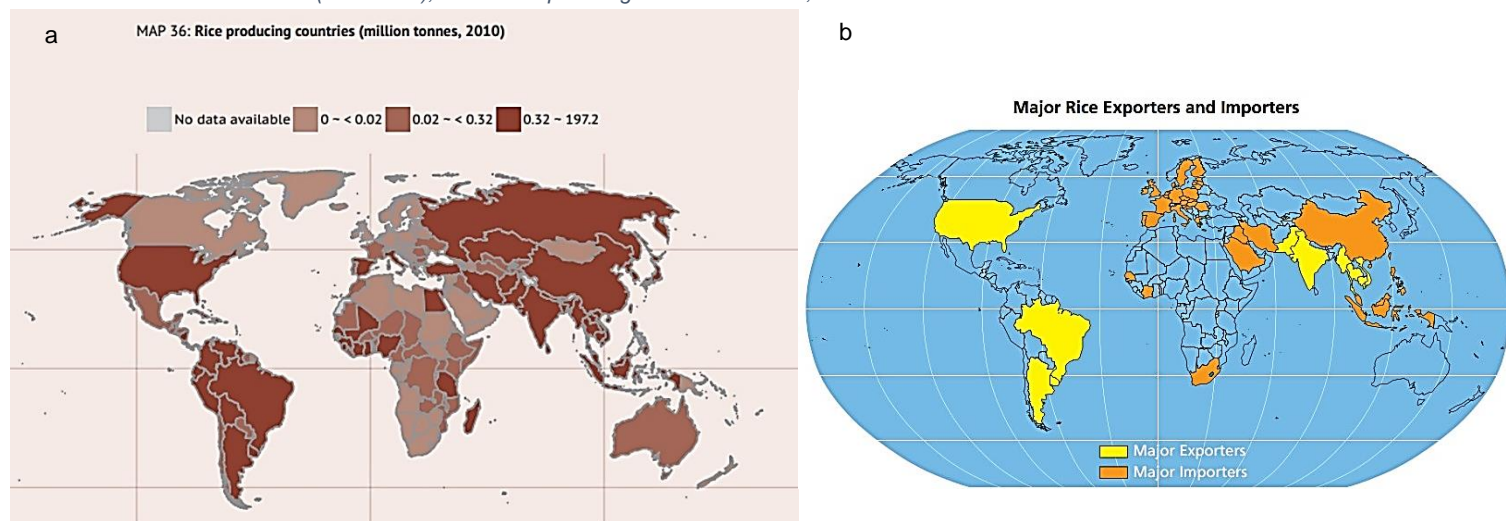
Na Europa, come-se mais arroz do que aquele que se produz, o que faz deste continente o terceiro importador mundial. <sup>[5]</sup> A Itália e a Espanha são os principais produtores europeus, seguidos da Grécia, Portugal e França. As taxas de consumo e os tipos de arroz utilizados são bastante diferentes adaptando-se à gastronomia e aos hábitos alimentares. O risotto em Itália, a paella espanhola, os inúmeros pratos de arroz e doçaria regional portuguesa, o arroz solto, branco ou o aromático em praticamente todos os países <sup>[6]</sup>.





**Figura 1** – Lado esquerdo: comparação dos valores de produção mundial de arroz em casca nas campanhas 2017/18, 2018/19 e 2019/20 (segundo previsões) com os países asiáticos e sul americanos com maior relevância e EU (adaptado de AMIS – Supply and Demand). Lado direito: produção mundial de arroz (descascado) em milhões de toneladas (eixo da esquerda), desde 2010/11 até à previsão para a campanha de 2019/20 de aproximadamente 516,7 milhões de toneladas. Bem como a relação com a sua utilização, que nos últimos anos apresentam uma relação mais próxima. Adicionalmente, representação gráfica do stock final de cada ano de campanha (eixo da direita).

Fonte: FAO – Statistics Division (FAOSTAT); Biannual report on global food markets, June 2017.



**Figura 2** - a) Representação dos países produtores de arroz destacando os coloridos a castanho-escuro que representam as regiões com maior expressão na produção (Ásia e América do Sul) - China, Índia e Indonésia são os três principais produtores. África também tem ganho expressão. b) Mostra que os países asiáticos se destacam na comercialização de arroz. A China é o maior importador (cor laranja) representando 8,5% do arroz importado globalmente. Enquanto a Índia é o líder na exportação correspondendo a 26,3% da exportação mundial.

Portugal apresenta um consumo de cerca de 16kg por habitante por ano, de arroz branqueado e semi-branqueado. Nacionalmente, o arroz carolino é a variedade mais produzida e característica. No entanto, os portugueses consomem mais o arroz de grão longo, o arroz agulha <sup>[7]</sup>.

O arroz é uma planta anual semiaquática que pertence à família Gramineae e ao género *Oryza*. Este género compreende 23 espécies, mas apenas *Oryza sativa* L. e *Oryza glaberrima* são cultiváveis. *O. sativa* L. é o arroz asiático cultivável, e a sua produção distribui-se por todo o mundo. A espécie cultivável africana *O. glaberrima* cresce numa menor escala no Este de África.

A espécie *O.sativa L.* pode ser dividida em três subespécies principais: *índica*, *japónica* e *javanica*, acredita-se que se tenha diferenciado nestas três subespécies por ter evoluído em diferentes regiões (Índia, China, e Indonésia). As subespécies mais comuns são a *índica* e a *japónica* (figura 3), em que a *índica* representa cerca de 80% de todo o arroz cultivado [2, 8-11].

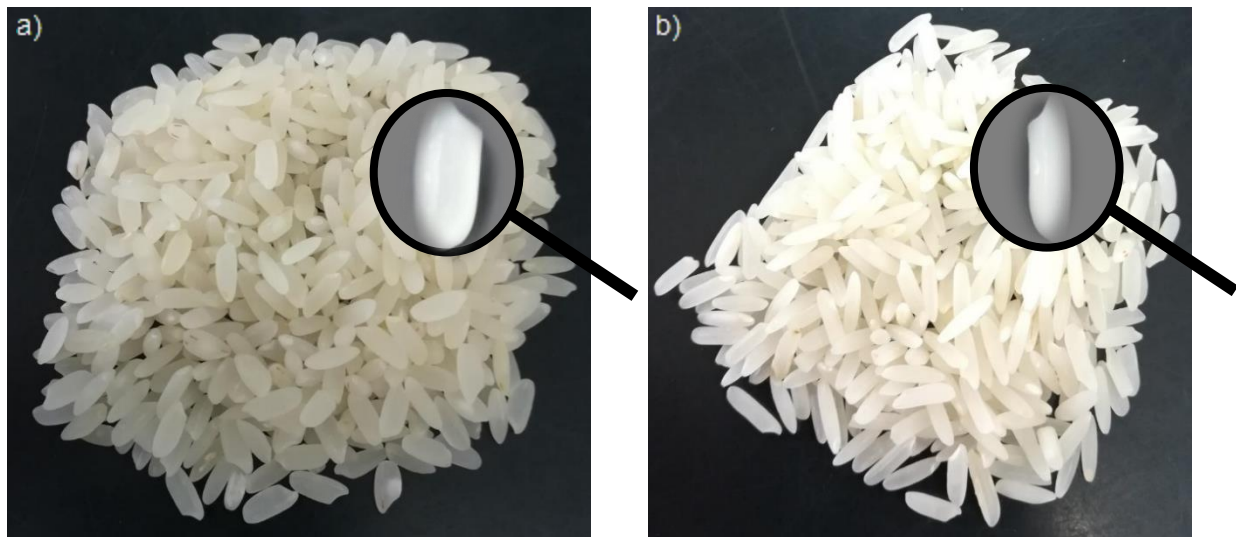


Figura 3 – As subespécies mais comuns de arroz: a) *japónica* e b) *índica*

O princípio da história deste cereal carrega narrativas com tradições e simbolismos variados, na verdade a origem do arroz ainda nos dias de hoje é um debate que gera controvérsia. Acredita-se que a primeira planta tenha surgido há milhares de anos na Ásia no seu estado selvagem. Análises dos padrões genômicos do arroz *O. Sativa L.* revelam que foi domesticado a partir de uma população da espécie *O. rufipogon* nas proximidades do rio Pearl no sul da China [12]. Graças às rotas comerciais que ligavam os vários cantos do mundo, foi muitas vezes usado como moeda de troca, o que propiciou a expansão deste cereal. Tendo como ponto de partida a Ásia atingiu o continente europeu através de Espanha, e a partir daqui atravessou o Atlântico alcançando o continente americano [13].

Atualmente, a globalização dos hábitos alimentares é uma situação cada vez mais comum, a procura por pratos diferentes do tradicional e de novas experiências gastronômicas também pesam no momento da escolha e aquisição do produto. Como a maioria das características físico-químicas dos grãos estão significativamente relacionadas (positiva ou negativamente) com propriedades de qualidade do arroz cozinhado, o seu estudo é de grande relevância. Dados de viscosidade, tempos de cozedura, teor em amilose e amilopectina ou temperatura de gelatinização ( $T_g$ ), são exemplos de dados que permitem a seleção das variedades mais adequadas a cada mercado [14].

### 1.1.1. Cultivo de arroz

A planta de arroz completa seu ciclo vegetativo, da germinação ao amadurecimento, geralmente entre três a seis meses (figura 4). A duração é variável e depende da variedade, das condições ambientais e do solo. Pode fixar-se entre os 80 e 220 dias, para as variedades *índica* e de 120 a 180 dias, para as variedades *japónica* [15, 16].

O crescimento da planta de arroz pode ser dividido em três fases principais [17]:

- Vegetativa – estende-se da germinação à iniciação do primórdio floral. Caracteriza-se pelo desenvolvimento de perfilhos, folhas e pelo aumento gradual da altura da planta.
- Reprodutiva – abrange a fase da iniciação do primórdio floral até ao florescimento. Tem uma duração relativamente constante - aproximadamente 35 dias em condições tropicais. É caracterizada pela floração da planta de arroz e posteriormente pela polinização.
- Maturação – estende-se do florescimento à maturação completa. Em clima tropical dura de 30 a 35 dias, em regiões temperadas de 30 a 60 dias, esta fase prolonga-se em baixas temperaturas. É dividida em várias etapas que refletem a textura e a cor dos grãos em crescimento.



**Figura 4** - Representação das principais etapas do desenvolvimento do arroz. Da esquerda para a direita: semente em fase de germinação; início do desenvolvimento de folhas; perfilhamento da cultura; desenvolvimento da panícula; florescimento; expansão dos grãos; maturação completa dos grãos na panícula. (fonte: Stoller)

O local mais adequado à plantação de arroz tem um solo, de preferência, com características ligeiramente argilosas e ácidas, com recurso a uma fonte de água limpa, muita luz solar e temperaturas próximas dos 21°C. A planta *Oryza sativa* L. pode desenvolver-se em solos alagados como em solos não alagados, sendo o mais comum o alagamento dos solos. A opção de não alagar os solos ocorre em locais que a precipitação é de tal forma abundante que deixa de ser necessário inundar os campos.

Como a semente é o início do desenvolvimento do arroz, esta deve ser cultivada, colhida e processada corretamente para realizar o melhor rendimento de qualquer variedade de arroz. Por isso, a escolha da melhor semente é um passo essencial na produção de arroz,

esta deve ser: pura (da variedade escolhida), que se adapte ao ambiente em que será cultivada, de tamanho completo e uniforme, viável (mais de 80% de germinação com bom vigor de plântulas) e livre de sementes de ervas daninhas, doenças, patógenos, insetos ou outros materiais <sup>[6]</sup>.

Como o cultivo de arroz depende da temperatura e da disponibilidade de água, a possibilidade de cultivar ou a época de cultivo de arroz depende do ajuste destes dois fatores. Nos trópicos o arroz pode cultivar-se durante o ano inteiro desde que haja abundância de água. Fora dessas zonas, o arroz é uma cultura de Verão porque não tolera baixas temperaturas, como é o caso de Portugal.

Em Portugal, foi no reinado de D. Dinis (1279-1325) que surgiram as primeiras referências sobre culturas de arroz, que na época se destinavam apenas à mesa da nobreza, onde as técnicas ainda eram muito deficientes. No final do século XIX, as culturas de arroz, eram limitadas às terras alagadas dos vales de alguns principais rios. Mais tarde com a preparação dos terrenos e da gestão da água, houve uma expansão da cultura, e no início dos anos 20, o arroz passou a ter um papel muito importante na alimentação dos portugueses. Atualmente, a nível nacional as regiões orizícolas são na bacia do Mondego (Figueira da Foz, Coimbra), nas bacias da Beira Baixa, na bacia do Sado (Alcácer do Sal), na bacia dos afluentes do Tejo e nas represas do Sul. Tendo em conta os três parâmetros cruciais para o cultivo de arroz - temperatura, água e luz solar, a situação da agricultura portuguesa é favorável <sup>[18]</sup>.

De forma geral o cultivo de arroz exige temperaturas altas e abundância de água, mas essa exigência varia consoante as subespécies de arroz plantadas. A subespécie *índica* é mais tolerante à seca contudo não tolera temperaturas baixas. Por outro lado, a subespécie *japónica* suporta temperaturas mais baixas, porém é menos tolerante à seca, pragas e doenças <sup>[8]</sup>.

### 1.1.2. Estrutura anatómica do grão

O grão de arroz é um sistema heterogéneo e complexo de constituintes bem distintos. A morfologia do grão é comum às diversas variedades existentes no mercado, diferindo no conteúdo nutricional (figura 5) <sup>[19]</sup>.

O grão de arroz é constituído pela cariopse (endosperma, embrião, farelo) e por uma camada protetora, a casca. A casca é composta por duas camadas diferentes: a pálea e a lema, e corresponde a cerca de 20% do peso do grão. A cariopse (o interior do grão) é formada por diferentes camadas, sendo as mais externas o pericarpo, a película e a camada de aleurona, que representam 5-8% da massa do arroz integral.



Na camada de aleurona destacam-se duas estruturas de armazenamento: corpos proteicos (grãos de aleurona) e corpos lipídicos.

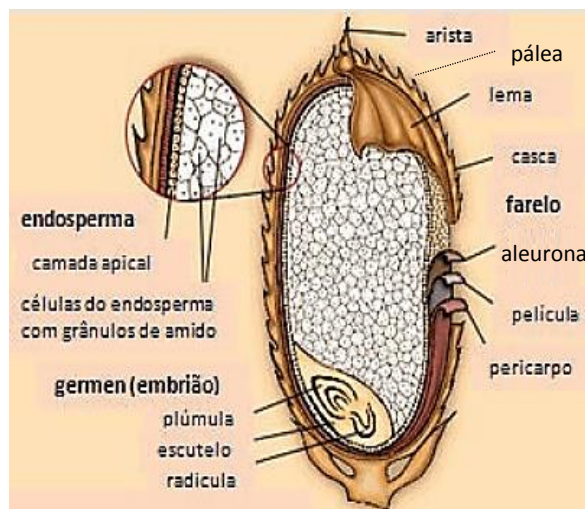


Figura 5 – Morfologia do grão de arroz.

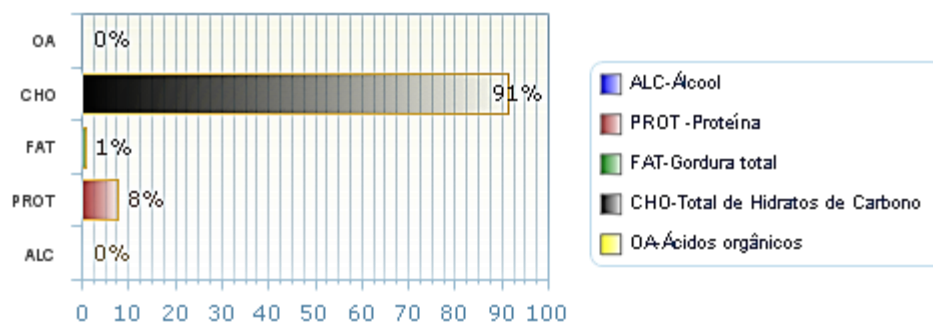
Do lado ventral na base do grão localiza-se o embrião ou germen, é rico em proteínas e lípidos e representa 2-3% do arroz integral. O endosperma - camada interna, forma a maior parte do grão e é onde se localizam grânulos de reservas nutritivas para o desenvolvimento da planta. Nesta camada encontram-se também corpos proteicos, lípidos e amido <sup>[20]</sup>. Por vezes, no endosperma encontram-se pontos brancos gessados (opacos). Estes pontos quando ocorrem no meio do lado ventral designam-se barrigas brancas <sup>[21]</sup>, que são muito perceptíveis no grão, e consideradas em alguns mercados como um fator de perda de qualidade e de valor.

Após a debulha do arroz obtém-se o arroz em casca. Ao proceder-se ao processo de descasque, onde a casca é removida tem-se arroz integral ou em pelícua. Se este for polido para a remoção do farelo (pericarpo, pelícua, camada de aleurona e o germen) obtém-se arroz branco, o tipo mais consumido no mundo. Os grãos de arroz também podem ser sujeitos a alguns tratamentos, um dos exemplos mais conhecidos é a vaporização – processo hidrotérmico, onde o arroz em casca ou em pelícua é imerso em água quente, e de seguida é exposto a temperaturas elevadas e pressão de vapor e depois é seco, obtendo-se arroz vaporizado cujo amido se encontra totalmente gelatinizado <sup>[22]</sup>. O grão adquire uma cor mais dourada, após descasque e polimento <sup>[23]</sup>, que se deve a reações de Maillard não enzimáticas (ocorrem preferencialmente a T elevadas), bem como pigmentos e outros nutrientes provenientes da casca. A cor amarelada funciona como um indicador de qualidade pois se o grão ficar demasiado escuro perde valor de mercado e aceitação por parte do consumidor. A vaporização, quando bem realizada, permite o aumento do rendimento industrial do arroz uma vez que a alteração da estrutura do amido torna o grão mais firme, torna-o mais

resistente à degradação por parte dos insetos e fungos e ainda reduz o tempo de cozedura, parâmetro procurado por alguns consumidores <sup>[23]</sup>.

### 1.1.3. Composição nutricional

O principal constituinte do arroz é o amido, sendo este hidrato de carbono (HC) a grande fonte de energia (figura 6), contribuindo em grande escala para a textura de muitos alimentos. Contém também, em quantidades menores, proteínas, lípidos, fibras, vitaminas e minerais. O seu consumo é maioritariamente na forma de grão, havendo uma pequena quantidade de arroz consumida como ingrediente em produtos processados <sup>[20]</sup>.



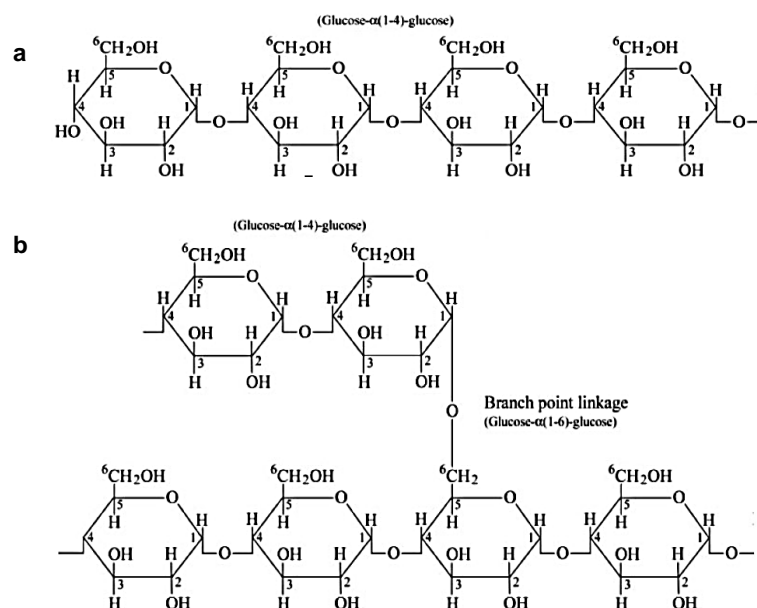
**Figura 6** – Distribuição energética do arroz comum cru (Fonte: Instituto Nacional de Saúde Doutor Ricardo Jorge - INSA)

A composição nutricional do grão é influenciada pelas condições ambientais, de processamento, armazenamento e depende da variedade em questão. Diversos componentes têm sido relacionados a diferentes efeitos no organismo, como auxílio no controlo da pressão arterial e prevenção de doenças como diabetes e doenças cardiovasculares <sup>[20]</sup>.

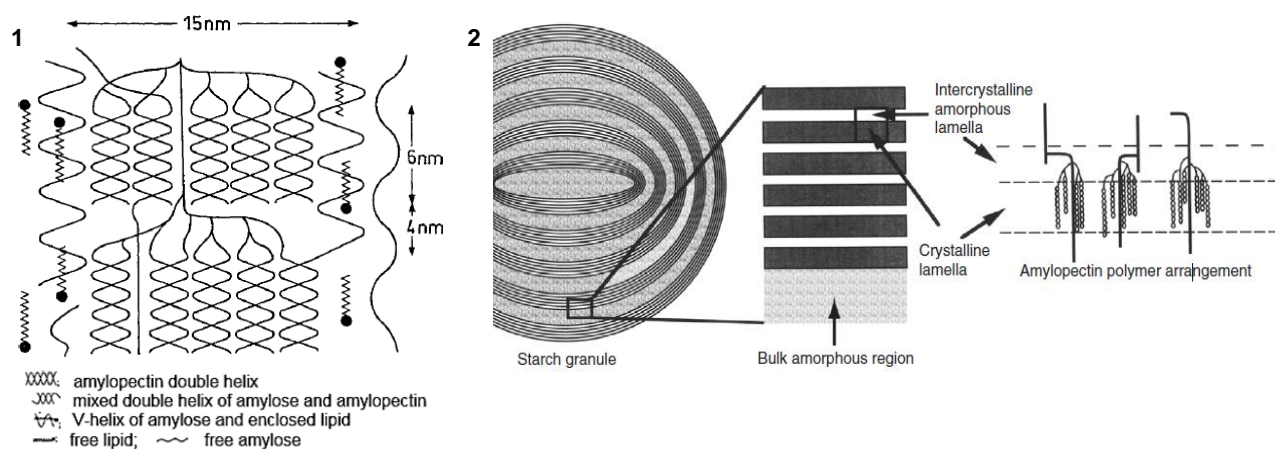
Os nutrientes estão distribuídos pelo grão de forma variável pelas diferentes frações. As camadas mais externas apresentam maiores concentrações de proteínas, lípidos, fibra, minerais e vitaminas, enquanto a zona mais interna é rica em amido <sup>[11, 20]</sup>. Aquando do branqueamento do grão por fricção para remover as camadas mais externas do arroz em película há uma perda de gordura, proteína, fibra e vitaminas como tiamina (vitamina B1) e  $\alpha$ -tocoferol (vitamina E) <sup>[11]</sup>. Como os nutrientes se distribuem de forma variável nas diferentes camadas que constituem o grão, a composição entre arroz branqueado e integral são bastante diferentes. O arroz integral, como apenas é descascado, mantém o revestimento mais próximo do endosperma conferindo-lhe sabor e textura específicos. Assim, este tipo de arroz é mais rico nutricionalmente, contendo maior percentagem de fibras, proteínas e vitaminas, do que o arroz branqueado cujo a remoção do farelo é total havendo perda dos constituintes pertencentes a estas camadas <sup>[24]</sup>. O arroz vaporizado, como referido anteriormente, é sujeito a um tratamento hidrotérmico, e mesmo depois de polido mantém

mais vitaminas e minerais do que o arroz branco, uma vez que existe migração de nutrientes da casca para o interior do grão.

### 1.1.3.1. Hidratos de carbono



**Figura 7** - Estrutura química da a. Amilose e b. Amilopectina (adaptado de Ghanbarzaden, B. (2013) - "Biodegradable Polymers");



**Figura 8** - 1. Modelo da região cristalina no grânulo de amido. Representação das interações entre as hélices da amilose e amilopectina, e ainda lípidos (adaptado de Belitz, H. (2009) - "Food chemistry"; 2. Diagrama esquemático do grânulo de amido, onde estão apresentadas as regiões cristalinas e amorfas, que se devem sobretudo à estrutura da amilopectina (adaptado de Ratnayake, W. (2009) - "Starch gelatinization").

O amido é o principal hidrato de carbono do grão de arroz branco, já o farelo e o germen - que lhe são removidos do grão aquando do branqueamento - têm como principais componentes as fibras <sup>[20]</sup>. O amido é um polissacárido formado por unidades de glicose que apresenta a função de reserva energética, e é fundamentalmente constituído por amilose e amilopectina. A amilose é um carboidrato de cadeia linear, solúvel em água, constituído por monómeros de D-glucose ligados por ligações glicosídicas  $\alpha$ -D-(1-4). Geralmente, esta

estrutura organiza-se em hélice e retém lípidos no seu interior. A amilopectina é insolúvel em água e tem uma constituição semelhante à da amilose mas contendo adicionalmente ramificações com ligações do tipo  $\alpha$ -D-(1-6), conferindo-lhe uma estrutura ramificada <sup>[11]</sup> (figura 7) <sup>[25]</sup>. É também responsável pelas regiões cristalinas observadas no grânulo de amido (figura 8).

O teor de cada um destes polímeros de glucose na estrutura do amido do grão de arroz varia consoante a variedade de arroz em questão. De forma geral, as variedades japónica tendem a ter menor percentagem de amilose do que as variedades indica. O conteúdo em amilose influencia a textura do arroz cozido e pesa na preferência dos consumidores, pois é um fator determinante da viscosidade do arroz. Pode classificar-se o arroz segundo o teor em amilose como glutinoso (1 a 2%), muito baixo (2 a 12%), baixo (12 a 20%), intermediário (20-25%) e alta (> 25%) <sup>[8, 20]</sup>. Quando cozido o arroz com teores de amilose menores é mais viscoso e macio, com o aumento do teor de amilose (ou da razão amilose/amilopectina) o arroz torna-se mais firme e solto. Este aspeto é um fator que influencia a escolha por parte do consumidor e a preferência varia muito com a localização geográfica. Por exemplo, consumidores no sul da Ásia, no Médio Oriente e no Brasil preferem arroz com textura mais firme após o cozimento, enquanto no Japão, Taiwan, Egito e norte da China a preferência é por arroz cozido com textura final viscosa <sup>[8]</sup>. Esta característica da firmeza do arroz cozido também é influenciada pela estrutura da amilopectina e outros constituintes. Cadeias mais longas de amilopectina parecem promover mais extensivamente interações moleculares entre este HC com os outros componentes do grão de arroz, nomeadamente proteínas, lípidos e outros polissacáridos, resultando em texturas mais firmes <sup>[20, 26]</sup>. A proporção de amilose e amilopectina que constituem o amido têm efeito nas propriedades funcionais e no inchamento do amido, na sua solubilidade na água, nas propriedades mecânicas e nas propriedades de formação de géis, importantes no comportamento do arroz durante o cozimento e após este <sup>[27]</sup>.

Além do amido, existem outros hidratos de carbono no grão de arroz, como açúcares livres, maioritariamente sacarose, mas também glicose e frutose que se localizam nas camadas externas do grão e em pequenas quantidades. A sua concentração depende da variedade, grau de polimento e do processamento a que o arroz é sujeito, estudos em 2004 notaram um decréscimo desses açúcares livres no polimento de arroz integral <sup>[20]</sup>.

A fibra alimentar corresponde a polissacáridos não digeríveis, como a celulose, amido resistente, hemicelulose e pectinas que também marcam presença em maior concentração nas camadas externas. Estes componentes, presentes em maior quantidade no arroz integral, têm um efeito saciante maior por não serem digeridos pelas enzimas no trato gastrointestinal. Grãos submetidos ao processo de branqueamento têm menor concentração destes componentes <sup>[20]</sup>. Há inúmeros estudos que demonstram diferentes efeitos das fibras



no organismo humano, o facto de não serem digeridas por enzimas do trato gastrointestinal torna-as disponíveis para fermentação pela flora intestinal, resultando em diferentes benefícios para o organismo. Como por exemplo, a sua capacidade de retenção de água auxilia na prevenção da constipação intestinal [28].

### 1.1.3.2. Proteínas

O teor em proteínas no grão de arroz é considerado baixo, cerca de 7%, contudo a concentração deste nutriente é suscetível a variações, podendo observar-se valores entre 4% e 18%. Esta concentração é afetada por características genotípicas, adubação nitrogenada, radiação solar e temperatura durante o desenvolvimento do grão [20].

Proteínas podem ser encontradas em diferentes partes do grão, como no endosperma e no farelo, estando presente maioritariamente no endosperma na forma de corpos proteicos entre os grânulos de amido. As frações de proteínas encontradas podem ser classificadas como albumina (a principal fração no farelo), globulina, prolamina e glutelina (a mais representativa no endosperma), que se organizam em dois tipos de corpos proteicos no endosperma, e que diferem na estrutura e na composição. Os corpos proteicos I são ricos em prolamina, e os corpos proteicos II ricos em glutelina e globulina [11, 20].

As proteínas do arroz são consideradas muito valiosas na indústria alimentar por serem incolores, ricas em aminoácidos, possuírem um sabor suave, e são hipoalérgicas. Porém, para a aplicação alimentar existem outras características importantes a considerar como as propriedades de gelificação, emulsificante e capacidade de formar espumas, mas sobre estas propriedades ainda pouco se sabe [29].

### 1.1.3.3. Lípidos

Os lípidos podem ser encontrados na camada de aleurona, no embrião e no endosperma, mas estão presentes maioritariamente na fração correspondente ao farelo na forma de corpos lipídicos. Também podem encontrar-se associados a grânulos de amido e a corpos proteicos. Como a concentração é maior no gérmen e na camada de aleurona, o arroz integral tem maior teor de lípidos do que o arroz branqueado [11, 20]. Arroz não ceroso (com teores de amilose maiores) contém mais lípidos associados aos grânulos de amido. Estes estão mais protegidos da oxidação mas contribuem pouco para o teor energético do grão de arroz [11]. Os complexos de amilose-lípidos contribuem para a diminuição da retrogradação [30].

Os ácidos gordos mais presentes nos lípidos são o linoleico, oleico e palmítico, correspondendo a aproximadamente 95% dos lípidos totais [11]. Assim, o arroz tem uma proporção significativa de ácidos gordos insaturados importantes para o organismo.

#### 1.1.3.4. Componentes minoritários: minerais e vitaminas

Os minerais encontram-se em maiores concentrações nas camadas externas do grão, com aproximadamente 72% no farelo e 28% no grão polido. No arroz com casca o silício é o componente predominante, já no arroz integral e branco destacam-se o fósforo, potássio e magnésio. No caso do cálcio e do sódio têm uma distribuição mais uniforme pelo grão e por isso apresentam concentrações altas tanto no grão integral como no grão branqueado. O ferro e o zinco são dois minerais essenciais para o organismo, mas apresentam concentrações baixas disponíveis no arroz <sup>[11, 20]</sup>. O tratamento de vaporização permite a migração de alguns minerais para o interior do grão, o que resulta no arroz vaporizado com maior conteúdo de minerais do que o arroz branco <sup>[20]</sup>. O teor de minerais também é influenciado pelo genótipo, e estudos têm demonstrado que grãos com pericarpo vermelho e preto têm concentrações maiores de minerais. O baixo nível de micronutrientes neste cereal torna-se um problema nutricional em países subdesenvolvidos, sobretudo naqueles onde o arroz é a base da dieta, desta forma têm sido desenvolvidos estudos com o intuito de aumentar a concentração de minerais, principalmente zinco e ferro <sup>[19]</sup>.

As principais vitaminas presentes no arroz são do complexo B (tiamina – B1, riboflavina – B2 e niacina – B3) e vitamina E ( $\alpha$ -tocoferol), e encontram-se maioritariamente nas camadas externas. E por isso, como acontece com muitos outros nutrientes, há grande perda destes componentes com o branqueamento do grão. Cerca de 95% do  $\alpha$ -tocoferol está no gérmen <sup>[11, 20]</sup>. Várias pesquisas têm sido feitas para melhorar as características nutricionais deste cereal, uma delas a destacar é o objetivo de aumentar a vitamina A. Um resultado alcançado com sucesso foi o Golden rice, um arroz transgénico que contém carotenóides no endosperma do grão, precursores da vitamina A <sup>[31]</sup>.

#### 1.1.4. Arroz integral vs arroz branqueado

Arroz integral ou em película é originado a partir do descasque do arroz em casca (*paddy*), e se este for submetido ao processo de branqueamento onde são removidas, na totalidade, as camadas exteriores e interiores do pericarpo e a totalidade do gérmen (embrião) - obtendo o arroz branqueado <sup>[22]</sup>, que é o mais consumido <sup>[32]</sup>.

Como já mencionado, os vários nutrientes não se distribuem de forma igual pelo grão de arroz, e por isso a constituição nutricional do arroz integral difere do arroz branqueado (tabela 1) <sup>[33]</sup>. Uma vez que o arroz integral é constituído pelas camadas do pericarpo, embrião e endosperma contém mais nutrientes (proteína, lípidos, fibras, vitaminas e minerais) do que o arroz branqueado. Isto acontece porque estes nutrientes existem principalmente nas

camadas externas que são removidas pelo processo de branqueamento ao qual o arroz é sujeito para obter arroz branqueado [32].

**Tabela 1** – Composição nutricional de arroz integral e branqueado, referente a 100 g de alimento edível (Fonte: INSA).

Constituinte	Arroz integral	Arroz branqueado
Energia (kcal)	352	352
Amido total	71,6	78,1
Proteínas	8,6	6,7
Lípidos	2,5	0,4
Fibra alimentar	3,8	2,1

Apesar do arroz integral ser mais rico nutricionalmente, o arroz branqueado é preferido pelo consumidor, uma vez que o arroz em película apresenta características de qualidade desfavoráveis relativamente ao tempo de cozedura e à palatabilidade. Quando cozido apresenta uma aparência escura e textura dura e com alta mastigabilidade, características causadas pelas camadas do farelo ricas em fibras. Além disso, também apresenta maior tempo de cozedura por haver maior dificuldade de entrada da água no grão de arroz sendo um fator importante para os consumidores [32].

Alguns estudos têm sido feitos de forma a diminuir o tempo de cozedura do arroz integral, tais como tratamentos de aquecimento-arrefecimento e tratamento enzimático. Contudo estes não resolvem a menor palatabilidade deste arroz e a aparência menos apelativa [32]. Por isso o arroz branqueado é preferido ao integral pelo consumidor.

## 1.2. Arroz: designações legais e comerciais

Em Portugal, o arroz da espécie *Oryza sativa* L. é comercializado de acordo com o definido no Decreto-Lei n.º 157/2017, este tem como objetivo definir características, fixar os tipos e classes comerciais e estabelecer normas quanto à comercialização, acondicionamento e rotulagem. O arroz selvagem não é abrangido por este decreto-lei, uma vez que é um cereal aquático da espécie *Zizania aquática* e não da espécie *Oryza sativa* L. [22].

O arroz pode ser classificado quanto ao estado físico, dimensão dos grãos, tratamento a que é sujeito, e para efeitos comerciais ainda se consideram os subprodutos obtidos da fabricação do arroz em casca. Quanto ao estado físico podemos distinguir o arroz em casca, obtido após a debulha, arroz descascado em que apenas a casca foi removida, arroz semi-branqueado (integral) que resulta da remoção da casca, parte do gérmen e parte ou totalidade

das camadas exteriores do pericarpo, e por fim arroz branqueado quando a totalidade da casca, das camadas exteriores e interiores do pericarpo e o gérmen são extraídos.

Se a classificação do arroz tiver em conta a dimensão dos grãos, pode distinguir-se arroz de grãos redondos, grãos médios e grãos longos cujos dados das dimensões consideradas são apresentados na tabela 2.

**Tabela 2** – Classificação do arroz quanto à dimensão dos grãos.

<b>Classificação</b>	<b>Comprimento (mm)</b>	<b>Relação comprimento/largura</b>
Arroz grãos redondos	$\leq 5,2$	$< 2$
Arroz grãos médios	$5,2 < c \leq 6,0$	$< 3$
Arroz grãos longos da Categoria A	$> 6$	$2 < c/l < 3$
Arroz grãos longos da Categoria B	$> 6$	$\geq 3$

De acordo com o tratamento ao qual é sujeito, o arroz pode apresentar-se como arroz vaporizado ou estufado mencionado anteriormente, arroz pré-cozido que sofre um tratamento físico de forma a reduzir o tempo de cozedura, arroz glaciado que consiste em arroz branqueado envolvido numa película de glucose e talco apropriados (conferindo melhor aparência). Ainda se podem distinguir o arroz matizado que em semelhança ao anterior é envolvido por uma camada de óleo comestível, e arroz tufado também designado “pipoca de arroz”, que consiste em arroz em película ou branqueado que é submetido a alta pressão e calor, obrigando o bago a expandir pela perda de humidade resultando num grão inchado e fofo, sendo utilizado em barras de cereais, bolachas ou outros produtos <sup>[22]</sup>.

No mercado existem designações comerciais mais reconhecidas pelo consumidor, e que agrupam o arroz segundo o tamanho do grão, qualidade no cozimento ou tipo de tratamento a que foi sujeito. Assim os vários tipos de arroz são agrupados segundo várias características:

- ❖ Agulha – caracteriza-se por grãos compridos e estreitos, durante o cozimento tem tendência a reter pouca água, conferindo-lhe uma textura mais firme e aspeto solto.
- ❖ Carolino – O grão cru é longo e mais arredondado do que o arroz agulha, depois de cozido fica com uma textura cremosa e menos firme. Absorve facilmente a água de cozedura e por isso facilmente retém os temperos do cozinhado.
- ❖ Médio – É semelhante ao arroz carolino, tem aspeto cristalino e cor homogénea, é distinguido do arroz redondo pelas dimensões do grão.
- ❖ Redondo – Quando cozinhado este tipo de arroz fica macio e gomoso, ideal para absorver sabores e aromas.
- ❖ Risotto – Arroz de grão médio que absorve bem a água, formando uma massa cremosa depois de cozido, é muito utilizado na culinária Italiana.

- ❖ Basmati – É um arroz aromático de grão longo e estreito, geralmente usado em pratos indianos, sendo considerado um arroz de elevada qualidade.
- ❖ Jasmin – É um arroz aromático, semelhante ao Basmati, mas com uma textura mais gomosa, sendo muito utilizado na culinária Chinesa.
- ❖ Glutinoso – É um tipo de arroz de grão curto, com origem na Ásia e torna-se pegajoso após a cozedura.
- ❖ Arroz integral – Qualquer tipo de variedade de arroz descascado e não submetido a qualquer processo de branqueamento. É mais rico nutricionalmente.
- ❖ Arroz vaporizado – Arroz submetido a um tratamento hidrotérmico que permite ao arroz adquirir uma coloração ligeiramente dourada e reduzir o tempo de cozedura. Graças ao tratamento também migram nutrientes do pericarpo para a cariopse.
- ❖ Arroz selvagem – Como referido anteriormente apesar de ser comercializado como arroz, provém de sementes de uma erva aquática selvagem da América do Norte. Apresenta grãos longos, de cor preta a castanha, com leve sabor a avelã e ricos em vitaminas do complexo B [34, 35].

### 1.3. Caracterização das variedades de arroz

Nos dias que correm a globalização dos hábitos alimentares é uma situação cada vez mais frequente, a procura por pratos diferentes do habitual e de novas experiências gastronómicas também pesam no momento da escolha e aquisição do produto. E o arroz não escapa a estas tendências, por isso a pesquisa das características dos grãos torna-se muito importante. Não só para se saber a que receitas culinárias mais se adequam, bem como obter o produto final com as características organoléticas mais apelativas para o consumidor [14].

Como existem diferentes variedades dentro de cada tipo de arroz, a escolha pelas variedades que correspondem aos atributos mais adequados e que melhor reúnem propriedades procuradas para cada tipo de cozinha deve ser feito pelo conhecimento das características físico-químicas do arroz.

Como referido anteriormente, a maioria das características físico-químicas dos grãos como o conteúdo em amilose, em amilopectina, propriedades de gelificação do amido e a temperatura de gelatinização estão significativamente relacionadas (positiva ou negativamente) com propriedades de qualidade do arroz cozinhado. Por isso o conhecimento destas e a seleção das variedades com as características mais adequadas deve ter em consideração estas propriedades, daí a importância da sua avaliação [14]. Como já referido as preferências do resultado final no que toca ao arroz cozinhado variam muito consoante a

localização geográfica, se o produto obtido estiver bem caracterizado sabe-se a que mercados melhor se adequam <sup>[8]</sup>.

As propriedades determinantes da qualidade dos grãos de arroz além de se refletirem na escolha do consumidor também determinam o seu valor no mercado. Apesar do termo qualidade não ser um termo definido de forma linear e estar sujeito a diferentes fatores simultaneamente, existem parâmetros que são importantes para a escolha do consumidor tais como:

- ❖ Tempo de cozedura;
- ❖ Textura após processo de cozedura;
- ❖ Sabor adquirido depois de cozer;
- ❖ Aspetto solto dos grãos após cozimento, e após refrigeração e reaquecimento.

A maioria destes parâmetros referidos acima têm grande influência do teor de amilose e amilopectina presente no grão <sup>[27]</sup>, entre outros fatores.

### **1.3.1. Gelatinização do amido**

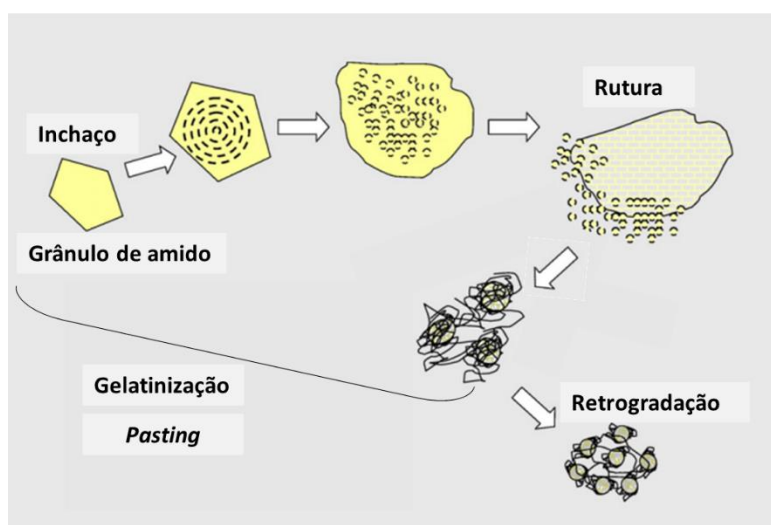
As diferenças nas propriedades do amido de cereais em grãos e farinhas contribuem para as aplicações em diferentes alimentos e utilizações industriais, e os fenômenos de gelatinização e retrogradação estão entre as propriedades físico-químicas mais importantes deste constituinte <sup>[36]</sup>.

Durante o cozimento ocorrem vários processos em cada grão de arroz individualmente, como aquecimento, absorção de água, inchaço de cada partícula individual de amido. E na presença de água a altas temperaturas, o amido sofre uma reação de gelatinização. Este termo é usado para descrever o fenômeno do inchaço e hidratação dos grânulos de amido, levando à destruição da estrutura interna dos grânulos que resulta em alterações irreversíveis nas propriedades que confere <sup>[14]</sup>.

Assim, quando suspensões de amido em excesso de água são aquecidas ocorrem transferências de calor e humidade que resultam no inchaço do grânulo de amido devido à absorção de água. Isto causa a perda da ordem cristalina, concedida pela estrutura do amido, começando a notar-se um comportamento viscoelástico do amido formando-se uma pasta. À medida que os grânulos se expandem, algumas moléculas de amilose escapam dos grânulos para a fase aquosa, conduzindo a um aumento de viscosidade. Sendo a amilose solúvel em água acaba por se dissolver na solução e com o contínuo aquecimento e hidratação dos grânulos, a viscosidade, a certa altura do fenómeno, começa a diminuir resultado do rebentamento das estruturas que contêm a amilopectina, que passa a estar presente na solução tal como a amilose. Com o arrefecimento da pasta de amido abaixo da Tg, acontece o fenómeno de retrogradação, que consiste em dois passos: (1) gelificação e cristalização da

amilose e (2) recristalização da amilopectina; um retorno a um estado mais ordenado. A amilose, que retrograda mais rápido, tem tendência a ligar-se a outras moléculas de amilose por pontes de hidrogénio. Com a presença da amilopectina em solução e dado à pouca afinidade desta com as moléculas de água, acontece a recristalização da amilopectina e também se forma uma rede entre a amilose e a amilopectina que resulta num gel altamente hidratado. Como consequência, há aumento da viscosidade e no final obtém-se um gel elástico opaco caracterizado por uma viscosidade final (figura 9) [36-40].

Os termos gelatinização e pasting são muitas vezes aplicados de forma imprecisa e como definições permutáveis. Pasting é o fenómeno que ocorre a seguir à gelatinização, durante o contínuo aquecimento, que envolve o sucessivo inchamento dos grânulos, e a saída de mais componentes destes até à eventual rutura. Os autores que aplicam estes dois termos para expor as mudanças que ocorrem durante a hidratação e aquecimento do amido, definem que a gelatinização é no geral a perda da ordem molecular dos polímeros do amido, onde ocorre a mudança da forma e tamanho dos grânulos, absorção de água e inchamento dos grânulos, perda das zonas cristalinas e algumas moléculas de amilose são libertadas na fase aquosa. Enquanto o pasting se refere à destruição dos grânulos evidenciada pelo desenvolvimento de viscosidade, isto é, verifica-se o aumento da viscosidade da pasta de amido [40, 41].



**Figura 9** – Descrição representativa dos processos que ocorrem durante o aquecimento, hidratação e arrefecimento no amido (adaptado de Iida, Y. (2008), Innovative Food Science).

As alterações na viscosidade das pastas de amido podem ser acompanhadas por instrumentos como o Rapid Visco Analyser (RVA), que consiste num viscosímetro de ciclos de aquecimento-arrefecimento que permitem analisar as propriedades de viscosidade de matrizes alimentares que resultam do cozimento de amido em excesso de água. Torna-se uma ferramenta útil para elucidar sobre múltiplos indicadores de qualidade de produtos [41].

A principal influência da retrogradação é observada na textura, digestibilidade e aceitabilidade do alimento por parte do consumidor. A temperatura de gelatinização é a

temperatura à qual os grânulos de amido começam a inchar de forma irreversível (perda da birrefringência – perda da ordem estrutural), e correlaciona-se diretamente com o tempo de cozedura. Ou seja, arroz com Tg mais alta tem de ser cozido durante mais tempo e tende a apresentar textura mais dura <sup>[36]</sup>. Outra característica que se relaciona proporcionalmente com o valor da Tg é o alongamento linear do arroz durante a confeção. Expansão em comprimento sem aumento na largura é considerada uma característica altamente desejável para um bom arroz, e há uma correlação direta entre a Tg e o alongamento de grãos <sup>[14]</sup>. Outra característica que se verifica é que o teor de amilose do arroz branqueado correlaciona-se positivamente com os valores de dureza do arroz cozido e negativamente com os valores de viscosidade <sup>[14]</sup>.

### **1.3.2. Outras propriedades que influenciam as características do arroz cozido**

O foco no amido quanto à sua influência no arroz cozido não é surpreendente uma vez que este representa cerca de 95% da matéria seca de arroz branqueado. Contudo outros fatores influenciam o comportamento do arroz confeccionado.

Um desses exemplos é o teor em proteínas. A presença destas afeta a quantidade de água que o arroz absorve no início do processo de cozedura, como a disponibilidade de água determina a hidratação das proteínas e da concentração da fase viscosa do amido, consequentemente tem influência na textura do arroz cozido. O arroz com maior teor em proteína fica com textura mais firme do que o arroz com baixo teor em proteína. Isto pode ser explicado, porque a Tg das proteínas presentes no arroz é um pouco menor do que a do amido. E por isso, quanto maior o teor em proteína mais moléculas de água se ligam a estes constituintes, deixando menos água disponível para provocar o inchaço dos grânulos de amido e dissolução de amilose <sup>[42]</sup>.

Entre os diferentes constituintes do grão de arroz podem surgir diferentes interações ou formar complexos com outros componentes do arroz, como é o caso dos lípidos. Por exemplo, as hélices da amilose formam um complexo de inclusão com os lípidos que desempenha um papel nas propriedades reológicas. A presença de ácidos-gordos complexados com amilose contribui para a diminuição da solubilidade deste em água, e aumenta a temperatura de gelatinização do amido e o pico de viscosidade da pasta de amido, visto que estes formam um complexo com a amilose e dificultam a ligação deste polímero com as moléculas de água, retardando o inchaço dos grânulos <sup>[43]</sup>.

O fósforo, presente em pequenas concentrações, também assume um papel de certa relevância nas propriedades funcionais do amido tais como o brilho e a viscosidade da pasta. Apresenta-se, principalmente, na forma de monoésteres de fosfato e fosfolípidos. Os



primeiros aumentam o brilho e a viscosidade da pasta, enquanto os fosfolípidos tornam a pasta de amido mais opaca e diminuem a sua viscosidade. Ambos surgem tendencialmente ligados aos polímeros constituintes do amido <sup>[30]</sup>.

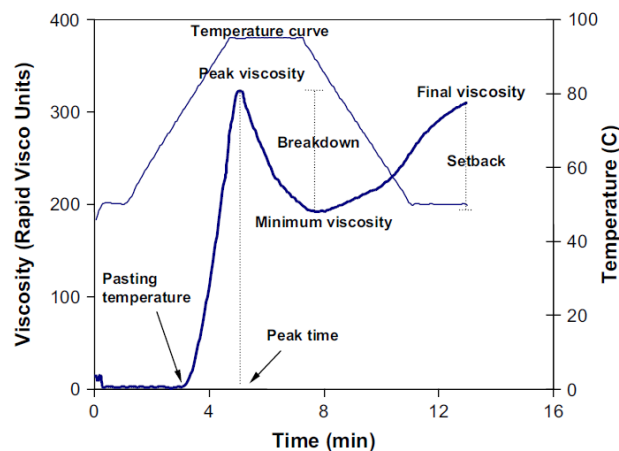
### 1.3.3. Rapid Visco Analyser (RVA)

O valor económico do arroz no mercado é extremamente afetado pela qualidade sensorial do arroz cozido. Convencionalmente, a qualidade sensorial do arroz pode ser obtida pela avaliação preferencial de amostras e estudo de uma série de propriedades físico-químicas. No entanto, as conclusões são mais demoradas, e é também uma abordagem mais indicada para avaliar as preferências de uma população-alvo ou de uma aplicação específica. Assim, desenvolver métodos rápidos, precisos e universais que relacionem as características físico-químicas com os atributos sensoriais de forma mais objetiva é favorável <sup>[44]</sup>.

Atualmente, o Viscosímetro de Análise Rápida (RVA) é um instrumento usado amplamente em toda a indústria, com diversos propósitos, como o desenvolvimento de produtos, controlo de qualidade e de processos de várias matrizes de amido através da análise de curvas de viscosidade. A American Association for Cereal Chemists (AACC) é responsável pelo desenvolvimento e aprovação dos métodos padrão para medição das propriedades *pasting* do amido, que são um bom indicador da qualidade do processamento dos cereais (amido) <sup>[45]</sup>. O perfil de viscosidade do amido descreve o seu comportamento durante o cozimento e elucida a tendência de gelatinização e retrogradação, fenómenos que estão na base da digestibilidade do amido, e por sua vez na aceitabilidade por parte do consumidor.

O perfil dado pelo RVA (figura 10) é constituído principalmente pela Viscosidade do Pico, Viscosidade da Vala (viscosidade mínima), Viscosidade Breakdown, Viscosidade Final e Setback, que essencialmente descrevem a curva de viscosidade típica do amido em análise e que depende das suas características físico-químicas <sup>[46]</sup>. O pico de viscosidade representa o valor máximo de viscosidade da pasta de amido atingido durante o ciclo de aquecimento. Juntamente com o tempo do pico são indicativos da capacidade de ligação do amido à água e ajuda a avaliar a extensão de inchamento dos grânulos durante a fase de gelatinização <sup>[46, 47]</sup>. *Breakdown* representa a desintegração dos grânulos de amido, é bom indicador da estabilidade da pasta e valores mais altos deste indicador sugerem uma melhor palatabilidade do arroz cozido <sup>[46, 47]</sup>. *Setback* mostra a capacidade de gelificação ou tendência de

retrogradação da amilose durante a fase de arrefecimento. Em geral, teores maiores de amilose determina valores de viscosidade de setback maiores [47, 48].



**Figura 10** – Perfil típico de RVA do amido de arroz (Fonte: Copeland, L. (2009) Form and functionality of starch).

#### 1.4. Novarroz – Produtos Alimentares, S.A.

A Novarroz é uma empresa familiar portuguesa, fundada em 1979, localizada no concelho de Oliveira de Azeméis. Contudo, a história teve início durante a década de 60 como um negócio de família, num pequeno moinho de água instalado à beira rio, com processo de produção tradicional e rudimentar [49].



**Figura 11** – Logotipo atual da empresa.

Apoiada numa estratégia de crescimento e melhoria contínua, consegue atualmente estar entre os principais produtores de arroz da Europa, quer em termos de volumes de produção quer a nível da qualidade do processo de fabrico. A qualidade do arroz produzido começa no campo, onde mantém parcerias de longa duração com os principais orizicultores portugueses, selecionando as sementes de maior qualidade para cada variedade, e realizando um acompanhamento de todo o processo, desde a sementeira até à colheita.

A empresa compromete-se desde o início levar à mesa do consumidor o arroz de melhor qualidade do mercado. Assume como missão a colocação no mercado de produtos de qualidade, saudáveis, seguros do ponto de vista da Segurança Alimentar e diversificados, no intuito da total satisfação dos clientes e dos consumidores. A estratégia que desenvolve,

com o objetivo de cumprir a missão, assenta em diferentes pilares, tais como: focalização nos clientes e no mercado – satisfazendo as suas necessidades; garantia da qualidade e segurança alimentar; melhoria contínua; proteção da saúde e promoção da segurança no trabalho; respeito pelo ambiente aliado à redução de consumos e gastos energéticos, e ainda ética e legalidade – pautando por uma conduta transparente e que cumpra a legislação em vigor.

### **1.4.1. Processo industrial**

A matéria-prima (MP), seca, chega à Novarroz como arroz em casca, em película ou descascado. Para cada descarga é retirada uma amostra representativa através de uma sonda que aspira a amostra de arroz de diferentes pontos. Estas são sujeitas a análises laboratoriais para controlo de segurança e qualidade alimentar, são avaliados parâmetros como a humidade (valor  $\leq 14\%$ ), presença de parasitas (exemplo gorgulho), presença de impurezas, aparência do arroz branqueado, e ainda são avaliadas características biométricas e o rendimento do arroz. Se corresponder aos critérios internos estabelecidos a matéria-prima é armazenada adequadamente para posterior transformação. Outras análises também são realizadas ao arroz como à presença de organismos geneticamente modificados, pesticidas e metais num laboratório certificado externo.

O processo industrial (figura 12), com processos de limpeza, descasque, branqueamento e seleção dos grãos de arroz, é constituído pelas etapas adequadas ao estado-físico da matéria-prima recebida (em casca, película ou branqueado). Consoante este estado segue para o passo do processo apropriado, isto é, o arroz que chega branqueado não passa pelo processo de descasque, por exemplo.

A primeira etapa do processo é a limpeza do arroz onde o arroz passa por tararas de limpeza e despedradoras, com o propósito de separar todos os elementos estranhos, como palhas, paus, pedras. De seguida, o arroz em casca é descascado, passando a integral, por remoção da casca do grão (subproduto usado nas camas dos animais) e posteriormente branqueado, através da remoção do farelo (usado em rações de animais). Após esta etapa, os grãos de arroz são submetidos a passos de polimento com o objetivo de remover partículas metálicas através de ímanes e conferir brilho. Seguidamente, o arroz é selecionado por tamanho em trios, onde se retiram os grãos partidos - trinca, e é selecionado por cor, através da passagem numa seletora cromática onde se separam os grãos com defeitos. Adicionalmente, dependendo dos requisitos do cliente/mercado o arroz pode ser matizado, ou seja é envolvido por uma camada de óleo comestível, melhorando a aparência.

Posteriormente, o arroz é armazenado nos silos de branco, passo intermédio para a embalagem, onde se encham as embalagens com arroz. Sendo controlado o peso e a

garantia de ausência de objetos metálicos através da passagem pelo detetor de metais. Por fim armazena-se em condições de temperatura e humidade controladas e pronto a ser expedido.



**Figura 12** – Representação simplificada das etapas do processo industrial da transformação de arroz.

### 1.4.2. Sistema de Gestão da Qualidade

Como já mencionado, qualidade é um conceito subjetivo em qualquer setor de atividade. Segundo a Norma Portuguesa ISO 9000:2015 pode definir-se ‘qualidade’ como a capacidade de satisfazer os requisitos das partes interessadas através de um conjunto de características inerentes ao produto <sup>[50]</sup>.

A procura pela produção de produtos de qualidade não é só uma estratégia de diferenciação mas uma condição de sobrevivência das empresas. A preocupação com a qualidade de bens e serviços não é recente, a abordagem que se fazia ao conceito é que foi evoluindo. Desde a era da inspeção – focada na procura de defeitos no produto acabado, à era do controlo estatístico, que surgiu com a produção em massa na Revolução Industrial, em que a qualidade era avaliada por amostragens representativas do todo. O desenvolvimento e o aprimorar das técnicas e estratégias aplicadas levaram à filosofia de gestão estratégica da qualidade, onde a qualidade passou a ser responsabilidade de todos os setores e todo o processo sofria controlo, surgindo ênfase na prevenção de defeitos <sup>[51]</sup>.

Assim, um Sistema de Gestão da Qualidade (SGQ) é uma ferramenta que traz controlo e padronização dos processos de forma a assegurar a qualidade. Também permite a avaliação da eficácia das ações tomadas, sempre com foco na satisfação do cliente e com vista à melhoria contínua. O desenvolvimento e implementação de um SGQ implica alguns elementos fundamentais, como suporte documental – documentos com a finalidade de apoiar e suportar os diferentes níveis organizacionais e operacionais; estrutura organizacional – é muito importante estarem claramente atribuídas responsabilidades e competências; e

recursos – todos os recursos necessários à produção do produto conforme requisitos estabelecidos devem estar disponíveis.

Inerente à gestão da qualidade está a aplicação de normas - conjunto de diretrizes e especificações aplicáveis ao produto ou serviço de forma a garantir qualidade, segurança e eficiência <sup>[52]</sup>. Adicionalmente, a certificação do sistema de gestão baseado numa referência reconhecida internacionalmente, representa um compromisso no cumprimento de um conjunto de requisitos, é um atestado que transmite confiança às partes interessadas.

A Novarroz é certificada pela norma British Retail Consortium (BRC) o que demonstra o nível de competência na Análise de Perigos e Controlo dos Pontos Críticos (HACCP), de higiene, segurança alimentar e sistema de qualidade. É igualmente detentora da certificação das regulamentações da IFS Food (International Featured Standard) que se aplicam a processadores e embaladores de alimentos <sup>[49]</sup>.

## 2.Objetivos

Este trabalho está inserido no estágio curricular do Mestrado em Tecnologia e Ciência Alimentar da Faculdade de Ciências da Universidade do Porto. Decorre no laboratório do departamento de qualidade da empresa Novarroz – Produtos Alimentares, S.A. sediada em Oliveira de Azeméis, distrito de Aveiro. Orientado pelo Diretor do departamento de Qualidade, Diogo Lemos e pelo professor Doutor Victor Freitas, da Faculdade de Ciências da Universidade do Porto.

Nos dias que correm, a globalização dos hábitos alimentares é uma situação cada vez mais frequente, a procura por pratos diferentes do habitual e de novas experiências gastronómicas também pesam no momento da escolha e aquisição do produto. E o arroz não escapa a estas tendências, por isso a pesquisa das características dos grãos torna-se muito importante. Não só para se saber a que receitas culinárias mais se adequam, bem como obter o produto final com as características organoléticas mais apelativas ao consumidor. E a escolha pelas variedades que correspondem a esses atributos e que melhor reúnem essas propriedades deve ser feito pelo conhecimento das características físico-químicas do arroz.

Assim, o trabalho exposto neste relatório tem como objetivo conhecer e caracterizar as variedades de arroz da nova campanha, a colheita do ano de 2018. Uma vez que as particularidades do arroz são influenciadas por fatores como as condições climáticas durante o crescimento vegetativo do cereal, a constituição do solo ou a própria semente utilizada. Torna-se importante que a caracterização das diversas variedades seja realizada sempre que há novas colheitas ou surgem novas variedades. Para a realização dessa caracterização serão realizados ensaios de cozedura, estudos de viscosidade, medição da humidade e avaliação de parâmetros de biometria (como tamanho do grão, área gessada, grau de brancura) para cada variedade e provenientes de diferentes regiões de cultivo.

Para além do objetivo principal exposto anteriormente, este estágio também pretende iniciar a integração do estagiário no ambiente industrial e a sua familiarização com o funcionamento de um departamento de qualidade. Incluindo o estagiário em várias funções que este departamento assume na empresa incluídas no Sistema Gestão de Qualidade. Bem como auxílio em tarefas relacionadas com a parte ambiental e Segurança, Higiene e Saúde no Trabalho (SHST).

E que no término deste estágio, os conhecimentos da área explorada tenham sido aprofundados e que se tenha desenvolvido destreza prática e grande espírito crítico por parte do estagiário.

### **3. Materiais e Métodos**



### 3.1. Amostras de arroz

As diferentes amostras de arroz analisadas são provenientes de diferentes localizações geográficas e do arroz da campanha do ano de 2018 rececionado pela Novarroz – Produtos Alimentares, S.A.. Para efeito de apresentação de resultados, as amostras estão devidamente codificadas de acordo com a sua subespécie (*índica* ou *japónica*), uma vez que a sua real identificação e localização específica são informação confidencial da empresa. O arroz em casca recebido foi processado no laboratório do departamento da qualidade de forma a obter arroz branqueado e/ou integral para as diferentes análises.

Foram estudadas um total de 53 variedades, nomeadamente 19 subespécie *índica* e 34 *japónica*, listadas na tabela 3 e 4, respetivamente. Estas amostras foram submetidas a diferentes avaliações, tais como, características biométricas (dimensão dos grãos, brancura total e vítrea, percentagem de área gessada, kett e humidade), propriedades *pasting*, tempo de cozedura e capacidade de absorção de água. Ressalvando que no caso das amostras de arroz integral, onde apenas se avaliaram 2 amostras, foram analisados todos os parâmetros referidos anteriormente, à exceção da taxa de absorção de água.

**Tabela 3** – Apresentação da lista de amostras analisadas da subespécie *índica*, com o respetivo código, tipo e localização geral.

<b>Código</b>	<b>Tipo</b>	<b>Subespécie</b>	<b>Localização</b>
IndicaA1i	Agulha	<i>índica</i>	América do Sul
IndicaG2i	Agulha	<i>índica</i>	América do Sul
IndicaP3i	Agulha	<i>índica</i>	Europa
IndicaS4	Agulha	<i>índica</i>	Nacional
Indica1.5	Agulha	<i>índica</i>	Nacional
Indica2.6	Agulha	<i>índica</i>	Nacional
IndicaV1	Agulha Vaporizado	<i>índica</i>	América do Sul
IndicaV2	Agulha Vaporizado	<i>índica</i>	América do Sul
IndicaV3	Agulha Vaporizado	<i>índica</i>	América do Sul
IndicaBP.Aro1	Basmati	<i>índica</i>	Ásia
IndicaSK.Aro2	Basmati	<i>índica</i>	Ásia
IndicaSK.Aro3	Basmati	<i>índica</i>	Ásia
IndicaSK.Aro4	Basmati	<i>índica</i>	Ásia
IndicaSK.Aro5	Basmati	<i>índica</i>	Ásia
IndicaJ.Aro6	Jasmim	<i>índica</i>	Ásia
IndicaJ.Aro7	Jasmim	<i>índica</i>	Ásia
IndicaJ.Aro8	Jasmim	<i>índica</i>	Ásia
IndicaJ.Aro9	Jasmim	<i>índica</i>	Ásia
IndicaInt	Agulha Integral	<i>índica</i>	América do Sul

**Tabela 4** – Apresentação da lista de amostras analisadas da subespécie *japónica*, com o respetivo código, tipo e localização geral.

<b>Código</b>	<b>Tipo</b>	<b>Subespécie</b>	<b>Localização</b>
JaponicaL1	Carolino	<i>japónica</i>	Nacional
JaponicaL2	Carolino	<i>japónica</i>	Nacional
JaponicaL3	Carolino	<i>japónica</i>	Nacional
JaponicaL4i	Carolino	<i>japónica</i>	Europa
JaponicaL5i	Carolino	<i>japónica</i>	Europa
JaponicaL6i	Carolino	<i>japónica</i>	Europa
JaponicaL7i	Carolino	<i>japónica</i>	Europa
JaponicaA8	Carolino	<i>japónica</i>	Nacional
JaponicaA9	Carolino	<i>japónica</i>	Nacional
JaponicaA10	Carolino	<i>japónica</i>	Nacional
JaponicaT11	Carolino	<i>japónica</i>	Nacional
JaponicaT12	Carolino	<i>japónica</i>	Nacional
JaponicaT13	Carolino	<i>japónica</i>	Nacional
JaponicaO14	Carolino	<i>japónica</i>	Nacional
JaponicaO15	Carolino	<i>japónica</i>	Nacional
JaponicaN16	Carolino	<i>japónica</i>	Nacional
JaponicaN17	Carolino	<i>japónica</i>	Nacional
JaponicaN18	Carolino	<i>japónica</i>	Nacional
JaponicaAr19	Carolino	<i>japónica</i>	Nacional
JaponicaAr20	Carolino	<i>japónica</i>	Nacional
JaponicaR21	Carolino	<i>japónica</i>	Nacional
JaponicaR22	Carolino	<i>japónica</i>	Nacional
JaponicaF23	Carolino	<i>japónica</i>	Nacional
JaponicaE24	Carolino	<i>japónica</i>	Nacional
JaponicaM25i	Carolino	<i>japónica</i>	Europa
JaponicaP26	Carolino	<i>japónica</i>	Nacional
JaponicaG.M1	Médio	<i>japónica</i>	Nacional
JaponicaG.M2i	Médio	<i>japónica</i>	Europa
JaponicaG.M3	Médio	<i>japónica</i>	Nacional
JaponicaGm.M4i	Médio	<i>japónica</i>	Europa
JaponicaA.M5i	Médio	<i>japónica</i>	Europa
JaponicaJ.M6i	Médio	<i>japónica</i>	Europa
JaponicaU.R1	Risotto	<i>japónica</i>	Nacional
JaponicaInt	Carolino Integral	<i>japónica</i>	Nacional

### 3.2. Determinação do tempo de cozedura

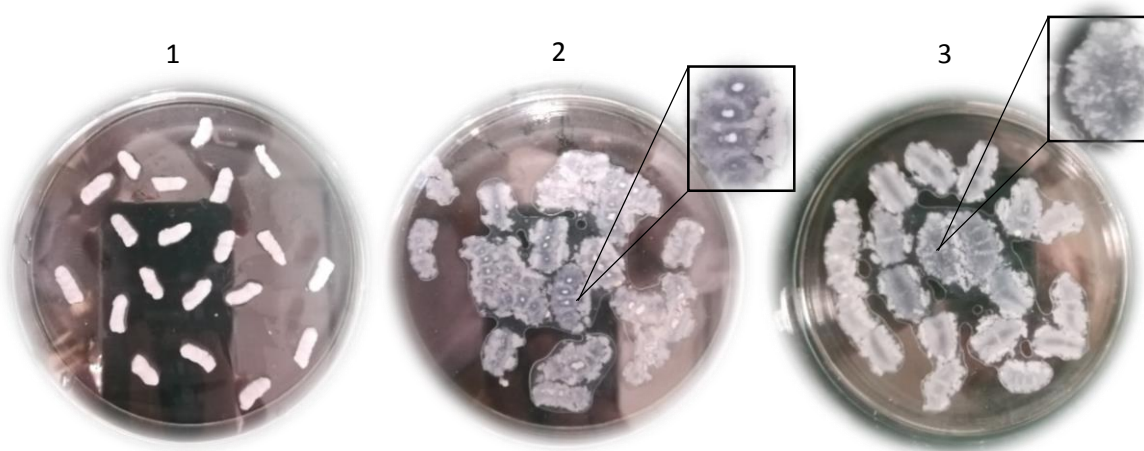
A análise do tempo de cozedura foi realizado segundo um protocolo interno com base no método ISO 14864:1998.

Para a determinação do tempo de cozedura é necessário preparar 8 difusores com 20 grãos inteiros em cada um e colocá-los numa panela com água a ferver. Assim que se

colocam os difusores na panela, começar a contar o tempo de imediato, tapar a panela e deixar cozer a temperatura média. Deixar cozer durante um período mínimo de tempo (adequado à variedade em questão), a partir desse tempo mínimo tirar um difusor por minuto e mergulhar em água fria de forma a estagnar o cozimento. Por cada conjunto de 20 grãos verifica-se quais estão cozidos, para isso os 20 grãos são espalmados entre duas placas de vidro, verificando-se a presença de núcleos brancos. Este procedimento é repetido até nenhum dos 20 grãos apresentar núcleos brancos, sendo assim considerados grãos totalmente cozidos ou gelatinizados. Realizar 3 réplicas do ensaio para cada amostra.



**Figura 13** – Difusores de alumínio onde se coloca o arroz a cozer, permitindo retirar o arroz em diferentes tempos de cozedura.



**Figura 14** – Técnica usada para quantificar os grãos que contêm núcleos brancos. (1) Distribuir bem 20 grãos pela superfície da placa de Petri; (2) Com a ajuda de outra placa, esmagar os grãos e contar o número de grãos com núcleos brancos; (3) O procedimento repete-se até ao tempo que corresponde ao primeiro ensaio no qual não se observam núcleos brancos, isto é grãos gelatinizados/cozidos.

Após a realização dos 3 ensaios o valor de grãos gelatinizados foi calculado em percentagem e para cada ensaio fez-se a representação da percentagem de grãos gelatinizados (grãos sem núcleo branco) em função do tempo de cozedura, na forma de gráficos de dispersão. A partir dos gráficos obtidos fez-se uma interpolação polinomial de uma função de 2ª ordem e foram calculados os valores de tempo de cozedura necessário para que 90% dos grãos de arroz ficassem totalmente gelatinizados ( $t_{90\%}$ ). De seguida foi calculada a média dos 3 valores de  $t_{90\%}$  e o desvio-padrão.

### 3.3. Determinação das propriedades de viscosidade do arroz com o viscosímetro de análise rápida de viscosidade (RVA – Rapid Visco Analyser)

Para a determinação da viscosidade das amostras recorreu-se ao equipamento Rapid Visco Analyser (RVA) modelo TECMASTER. O método deste aparelho é que através de um viscosímetro rotacional e conectado a um software adequado (Thermocline para Windows – TCW3), seleciona-se o programa pretendido que permite aquecer e arrefecer as amostras. Através destes ciclos de aquecimento e arrefecimento aliados à constante agitação da suspensão aquosa, presente num copo inserida no aparelho, é possível analisar continuamente a viscosidade de uma amostra a temperatura controlada. Os ensaios foram realizados de acordo com o indicado na American of Cereals Chemistry (AACC) 61-02.01 <sup>[53, 54]</sup>.

Para se iniciar a análise o equipamento é ligado e inicia-se o programa TCW3, assim que o aparelho reconhece o programa é necessário efetuar o zero onde se coloca uma pá propulsora no local de encaixe do equipamento. Após efetivado o zero, é escolhido o teste para o arroz que se pretende efetuar no programa tendo em conta o tempo e ciclo de temperaturas (tabela 5) referidos na AACC 61-02.01 <sup>[53]</sup>. Inicialmente a temperatura apresenta um valor de 50,0°C durante 1 minuto. De seguida a temperatura aumenta até atingir 95,0°C e mantém-se até se atingir os 7 minutos e 15 segundos. Consecutivamente, a temperatura sofre uma descida até alcançar novamente os 50,0°C. A amostra de arroz é dispersa na água no início do teste durante 10 segundos a 960 rpm, a velocidade de rotação do restante teste é 160 rpm.

**Tabela 5** – Ciclos de tempo/temperatura usados no teste do perfil de viscosidade para o arroz, de acordo como AACC.

	Temperatura (°C)	Tempo (minutos e segundos)
1º	50.0	1:00
2º	95.0	4:45
3º	95.0	7:15
4º	50.0	11:06
Fim do teste		12:30

As amostras a analisar têm de ter dimensões iguais ou inferiores a 0,5 mm, é assim necessário moer a amostra de arroz. Para isso recorreu-se a um moinho modelo 3100 Perten Instruments, uma parte da farinha obtida serviu para medir o teor em humidade de acordo como o método internacional AACC 44-15.02 <sup>[54]</sup> utilizando-se uma termobalança (HB43-S Halogen METTLER TOLEDO). O valor da humidade é necessário para que no programa

sejam indicadas as massas corretas de farinha e água destilada a pesar, para que as massas equivalentes de amostra e água tenham em conta o valor da humidade real da amostra. E são calculadas pelas seguintes expressões:

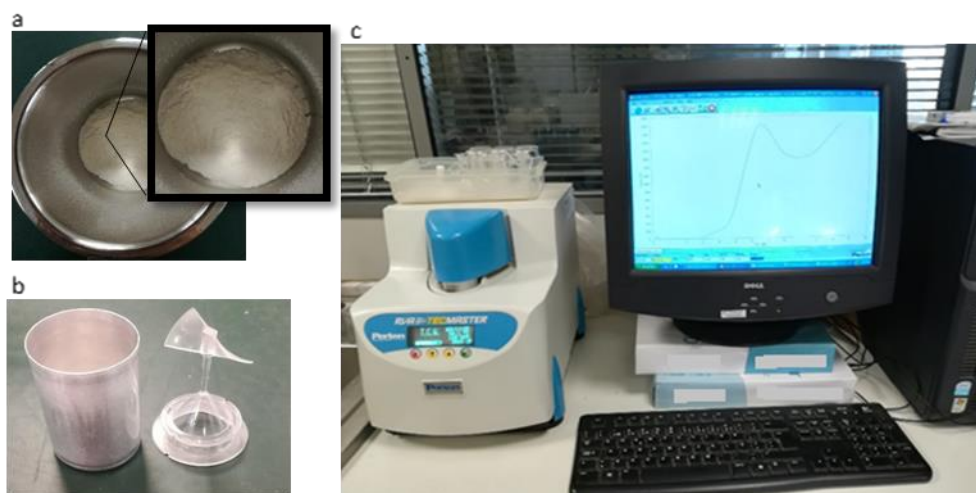
$$(1) S = \frac{88 \times 3,0}{100 - M}$$

$$(2) W = 25 + (3,0 - S),$$

Onde, S corresponde à massa da amostra, W à massa da água destilada e M a humidade real da amostra (em percentagem).

As massas são pesadas em copos diferentes, e só de seguida a farinha de arroz é transferida para o copo com água destilada; coloca-se uma pá propulsora no copo com a solução aquosa, gira-se a pá algumas vezes de maneira a homogeneizar a solução e insere-se no local apropriado da torre do equipamento e baixa-se para se iniciar o teste. Este procedimento com o ciclo de tempos/temperaturas indicado na tabela 5 demora cerca de 12 minutos.

No fim do teste, automaticamente a torre do equipamento, onde estão o copo com a pá propulsora inseridos, sobe e estes podem ser descartados e iniciar um novo teste. É obtida uma curva típica de RVA como a representada na figura 16.



**Figura 15** - Farinha de arroz, as partículas da amostra têm de ser iguais ou inferiores a 0,5 mm; b) copo e pá propulsora usadas no procedimento; c) RVA associado ao software TCW3.

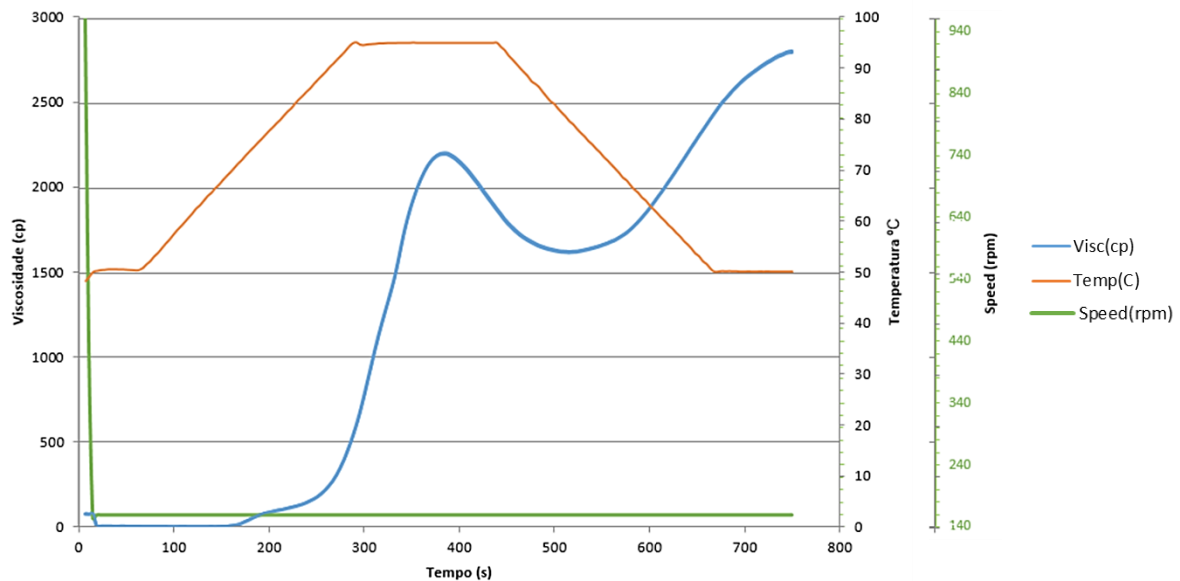


Figura 16 – Curva típica de RVA obtida após realização do teste descrito no ponto 3.3. dos materiais e métodos.

### 3.4. Determinação da taxa de absorção de água de cada variedade

A absorção de água é a quantidade de água que o arroz absorve durante a sua cozedura.

Para análise deste parâmetro foi seguido um protocolo interno. Foram seleccionados e pesados 50 grãos de arroz, foram colocados num difusor e de seguida colocados numa panela com água após esta levantar fervura. Retirou-se o difusor após o tempo de cozedura pretendido (14 minutos), escorreu-se bem a água agitando e com a ajuda de papel absorvente. Pesaram-se novamente os grãos e determina-se assim a percentagem de absorção de água com base no peso seco. Foram realizados 2 ensaios para cada variedade, tendo sido posteriormente calculada a média de absorção dos dois ensaios e os respetivos desvios-padrão. Este ensaio foi também realizado para o tempo de cozedura de cada amostra, nas mesmas condições e seguindo os passos anteriormente descritos.

### 3.5. Determinação das características biométricas dos grãos de arroz das variedades analisadas

As características biométricas referem-se à determinação do comprimento, largura, do rácio comprimento/largura, brancura (total e vítrea), área gessada em percentagem e ainda o valor de Kett. Estes parâmetros, à exceção do Kett, são determinados recorrendo ao equipamento de análise morfológica de arroz - AgroMay Statistic Analyzer S21 LKL (figura 17 - a). Este aparelho está associado a um software de captura de imagens dos grãos que

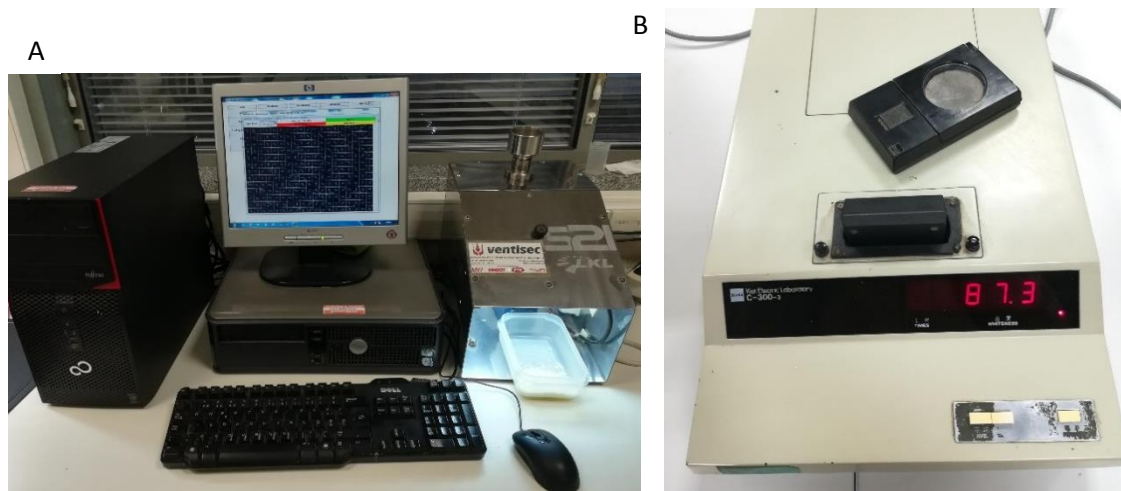


posteriormente são analisadas individualmente. De seguida a avaliação estatística é processada e os dados são apresentados automaticamente.

Prepararam-se amostras de arroz de aproximadamente 100 gramas, depois coloca-se cada amostra a analisar individualmente no dispensador do aparelho S21. No software são preenchidos os dados da amostra a analisar e inicia-se a captura. No equipamento liga-se o sistema de vibração e abre-se o mecanismo que permite a passagem dos grãos colocados no dispensador. A captura dos grãos, que se movem na rampa, é assim concretizada através de um disparo contínuo e a alta velocidade.

Quando todos os grãos tiverem passado pela rampa, dá-se por terminada a captura. A amostra é processada e as imagens são apresentadas individualmente. Os resultados estatísticos são apresentados automaticamente.

O valor de *Kett* é obtido através de um colorímetro - *Kett Eletric Laboratory, model C-300-3* (figura 17 - b) que mede a brancura do arroz instantaneamente em comparação a uma referência. Primeiramente calibra-se o aparelho recorrendo a uma “cassete” com a amostra referência. De seguida, a amostra a analisar é colocada numa outra “cassete”, esta é fechada e inserida no equipamento. O grau de brancura é rapidamente exibido no ecrã do aparelho numa gama de valores entre 0 e 100, medindo o grau de brancura contra a amostra referência. Realizam-se 3 medições por amostra e calcula-se a média dos 3 ensaios.



**Figura 17** - a) Equipamento de análise morfológica de arroz - *AgroMay Statistic Analyzer S21 LKL*; b) colorímetro - *Kett Eletric Laboratory, model C-300-3*.

### 3.6. Análise estatística

As características biométricas analisadas (dimensão dos grãos, brancura total e vítrea e percentagem de área gessada) só foram analisadas uma vez, no entanto os resultados

provêm da análise de mais de 100 grãos onde são calculadas as médias de todos os grãos capturados pelo equipamento de análise morfológica de arroz - AgroMay Statistic Analyzer S21. Na medição do teor de humidade também só foi realizado em ensaio. Todos os outros parâmetros foram avaliados em pelo menos 2 ensaios e os resultados apresentados encontram-se na forma média $\pm$ desvio-padrão.

Através da análise de variância unilateral (ANOVA) seguida de teste de Tukey para  $p < 0,05$  verificaram-se as diferenças estatisticamente significativas entre as amostras, usando o programa estatístico GraphPad Prism 5. As correlações de Pearson também foram efetuadas de modo a estudar relações entre variáveis estatisticamente significativas, também com intervalo de confiança de 95%, isto é para  $p \leq 0,05$  admite-se correlação estatisticamente significativa, utilizando o mesmo programa estatístico.

Os resultados obtidos dos parâmetros avaliados e os coeficientes de correlação de Pearson podem ser consultados nos anexos A, B e C.

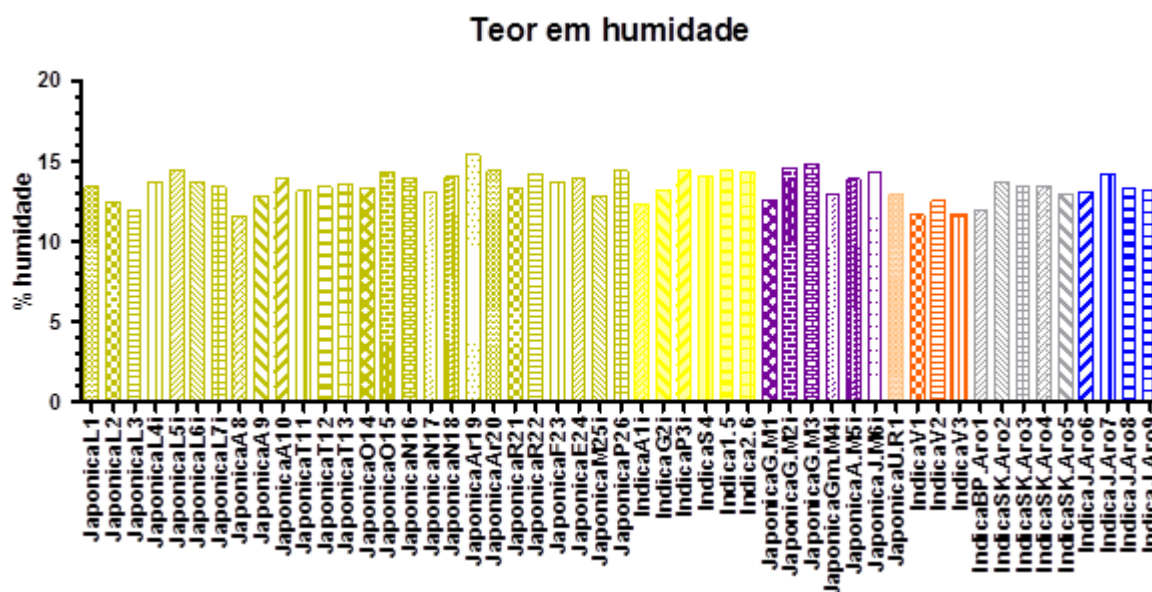


## **4. Resultados e discussão**

#### 4.1. Humidade das amostras

O teor em humidade elucida sobre o peso da água contida no arroz em percentagem. Este valor é um parâmetro muito importante de avaliar uma vez que está relacionado com a qualidade do produto e um indicador que influencia a qualidade do arroz durante o armazenamento <sup>[55]</sup>. Sendo o grão de arroz uma matriz higroscópica, as condições de armazenamento a que é sujeito têm de ser controladas para que durante este período de tempo o produto não perca as suas características iniciais. Segundo o Decreto-Lei nº157/2017 o teor de humidade do arroz, uma vez embalado, não pode ultrapassar os 14% <sup>[22]</sup>. Valores superiores a este indicam maiores taxas das reações químicas e maior atividade da água ( $a_w$ ) – que reflete maior propensão para o crescimento microbiano. Afetando a qualidade do produto e em casos mais graves afetar a saúde do consumidor <sup>[56]</sup>. Além disto, segundo a bibliografia, arrozes com maior teor de humidade têm maior tendência em partir durante o processo de descasque e branqueamento (menor rendimento industrial) <sup>[57]</sup>.

Os valores de teor de humidade das amostras analisadas estão apresentados na figura 18 e encontram-se entre 11,56% e 15,39%. Tendo em consideração que o teor de humidade das amostras não foi sempre medido imediatamente aquando da receção. E sendo o grão uma matriz higroscópica, em alguns dos casos poderá ter levado a ligeiros acréscimos no valor do conteúdo de humidade e justificar alguns dos valores que extrapolam o valor de 14%.



**Figura 18** – Teor de humidade das amostras analisadas. . (verde – carolinós; amarelo – agulhas; roxo – médios; bege – risotto; laranjas – vaporizados; cinzento – basmati; azul – jasmim).

De forma geral os valores mais baixos de humidade correspondem ao arroz vaporizado (laranja), nomeadamente as amostras “IndicaV1” – 11,63%, “IndicaV2” – 12,52%

e “IndicaV3” – 11,67%. No entanto é a amostra “JaponicaA8” a detentora do valor mais baixo com 11,56%. Já a amostra “JaponicaAr19” é a que apresenta o valor mais alto com 15,39%.

O teor de humidade não tem uma correlação estatisticamente significativa nem com a largura do grão (l) nem com a relação comprimento-largura (c/l). Por outro lado, apresenta uma correlação negativa estatisticamente significativa com o comprimento (c), com um coeficiente de correlação de Pearson de -0,2877 (figura 18). Indicando que quanto mais comprido o grão de arroz for, menor tende a ser o seu valor de humidade.

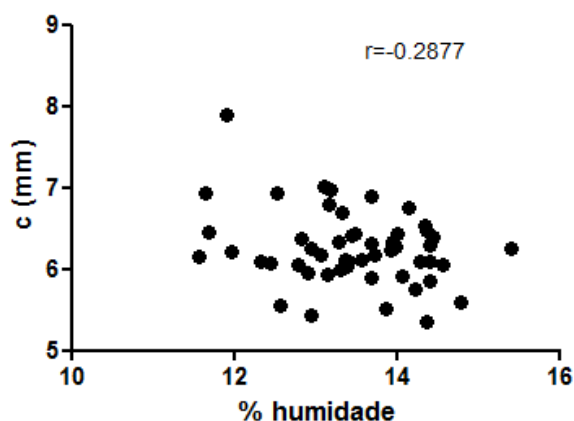


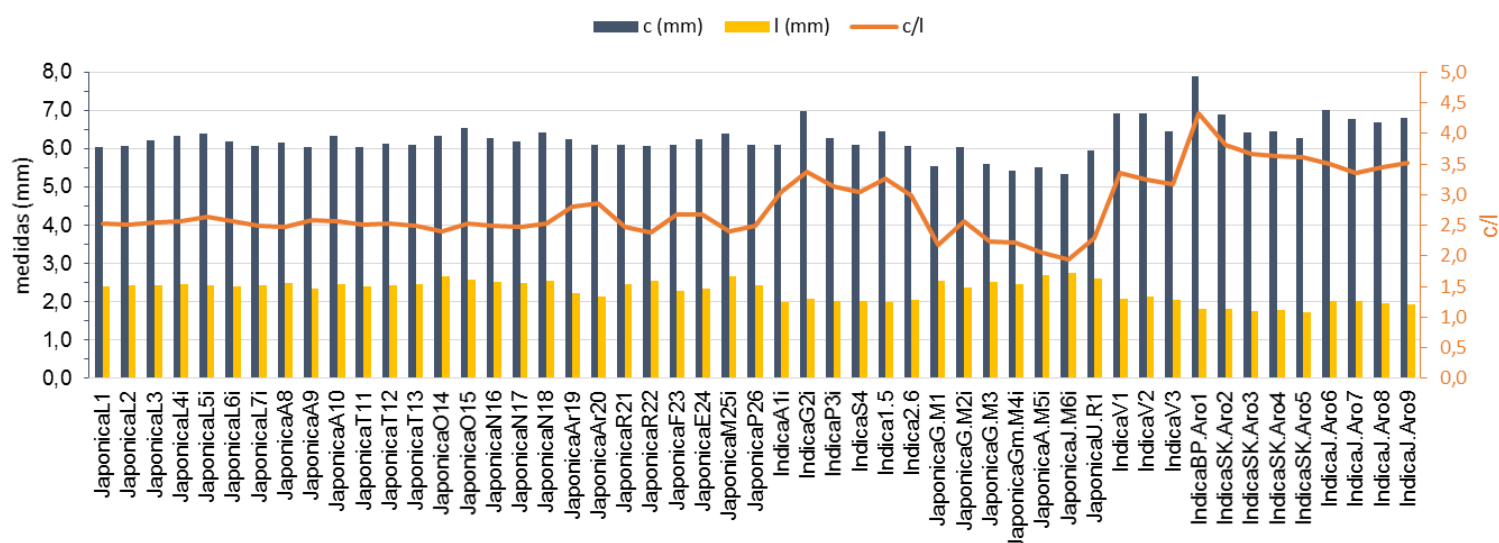
Figura 19 – Correlação do coeficiente de Pearson entre teor de humidade e comprimento. A correlação é significativa estatisticamente para  $*p \leq 0,05$ .

## 4.2. Características biométricas – dimensões do grão

O tamanho do grão é um traço de qualidade muito importante. Embora as preferências pela aparência do grão varie com os grupos de consumidores, geralmente grãos mais finos e compridos (típicos da subespécie *indica*) são preferidos pela maioria dos consumidores da China, EUA e maioria dos países asiáticos [58]. O mesmo acontece em Portugal, onde o tipo de arroz mais consumido é o agulha [7] caracterizado por um grão mais estreito.

Em termos comerciais o arroz pode ser denominado por “Longo”, “Médio” ou “Redondo” distinguidos pela dimensão dos grãos. Como mencionado na tabela 2 do ponto “1.2. Arroz: designações legais e comerciais” da introdução, esta classificação é feita com base no comprimento e na relação c/l. Tendo isto em consideração, arroz do tipo Carolino classifica-se como longos categoria A:  $c > 6$  mm e  $2 \text{ mm} < c/l < 3$  mm; e o arroz Agulha, Agulha Vaporizado, Basmati e Jasmim são considerados longos categoria B:  $c > 6$  mm e  $c/l \geq 3$  mm. Arroz de tipo médio, risotto e redondo têm todos uma relação  $c/l < 3$  mm.

Os resultados obtidos para o comprimento e largura dos grãos das amostras analisadas estão apresentados na figura 20.

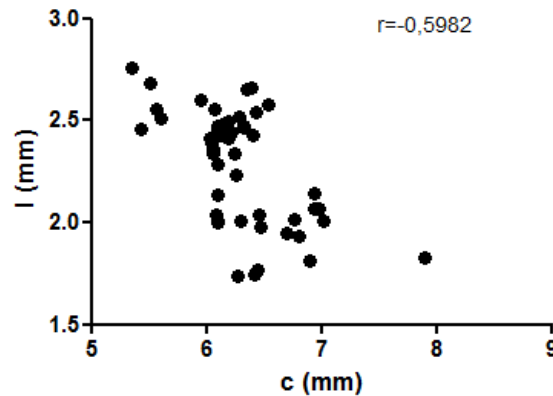


**Figura 20** – Comprimento (barras a azul), largura (barras a laranja) no eixo da esquerda e relação comprimento-largura (linha laranja) dos grãos de arroz, no eixo da direita, das amostras analisadas.

Pela observação dos dados pode verificar-se que as amostras que têm valores de largura mais baixos são os Basmati, nomeadamente “IndicaBP.Aro1”, “IndicaSK.Aro2”, “IndicaSK.Aro3”, “IndicaSK.Aro4” e “IndicaSK.Aro5”. É a amostra “IndicaBP.Aro1” que apresenta o maior valor comprimento com 7,893 mm e maior relação c/l de 4,320 mm. E todas as restantes amostras desta variedade aromática apresentam comprimentos e relações c/l superiores a 6,2 mm e 3,6 mm, respetivamente, sendo característico dos grãos de basmati serem longos e finos. As amostras “IndicaJ.Aro6”, “IndicaJ.Aro7”, “IndicaJ.Aro8” e “IndicaJ.Aro9” da variedade Jasmim, à semelhança dos grãos finos e longos de Basmati, também apresentam valores de comprimento altos, de largura baixos e de relação c/l bastante elevados.

Tendo em atenção à linha de representação dos valores da relação c/l é fácil verificar que os grãos do arroz tipo Médio, Carolino e Risotto são os que apresentam valores mais pequenos. Apresentando, tendencialmente, um grão mais largo que as restantes variedades.

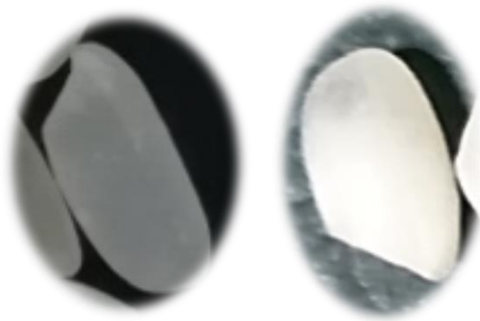
Correlacionando as duas dimensões (figura 21), comprimento e largura verifica-se que existe uma correlação negativa estatisticamente significativa entre estas duas variáveis com um coeficiente de correlação de Pearson de -0,5982. O que significa que quanto maior for o comprimento do grão de arroz, menor vai ser a sua largura.



**Figura 21** – Correlação do coeficiente de Pearson entre comprimento e largura dos grãos de arroz. A correlação é significativa estatisticamente para  $***p \leq 0,05$ .

#### 4.3. Características biométricas: brancura total e vítrea, área gessada e *kett*

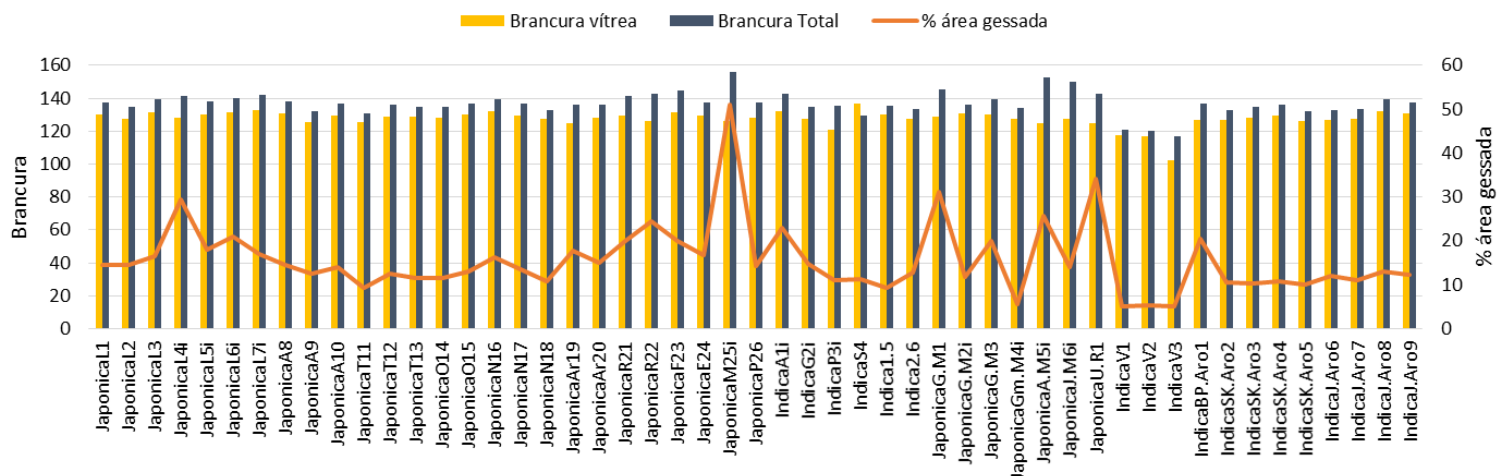
Como já vem sendo mencionado, a aparência do grão de arroz é um parâmetro de qualidade muito importante tanto para o consumidor como para o produtor. E muitas vezes dita um valor do produto no mercado mais alto ou mais baixo. Há preferência por um endosperma translúcido, sem zonas opacas, livre de manchas ou danos causados por doenças ou pragas, bem como a ausência de pontos centrais brancos – designados de barrigas brancas. Na figura 22 pode ser comparada a aparência de um grão translúcido com um grão com aspecto mais opaco. Como estes parâmetros influenciam a escolha do consumidor quem vende tem de preocupar-se em oferecer um produto que vá de encontro a essas preferências, daí a análise destes fatores sejam levados em consideração <sup>[59]</sup>.



**Figura 22** – Exemplo de um grão translúcido (lado esquerdo) e um grão gessado (lado direito).

Características que influenciam muito esta aparência são a brancura total (BT) e vítrea (BV) e a percentagem de área gessada. A brancura do grão é principalmente influenciada pela humidade e ataque de pragas durante o desenvolvimento da planta do arroz. A brancura total é a medida da luz que é refletida de uma amostra de arroz, e a brancura vítrea é a quantidade dessa luz que atravessa a amostra. Esta é caracterizada por um arranjo mais compacto do amido. A formação de áreas gessadas no grão é influenciada por vários fatores

ambientais, particularmente os que afetam o crescimento normal do grão (como temperatura, pragas ou altos teores de humidades nas fases de maturação). É caracterizada pelo arranjo mais amorfo do amido e existência de espaços vazios. Apesar desta característica estar associada a perda de valor no mercado, pela diminuição na aparência e por estar também associado ao decréscimo do rendimento (grão gessado é menos resistente à rutura). É importante recordar que é um fator característico de algumas das variedades, nomeadamente de variedades de risotto [60, 61].



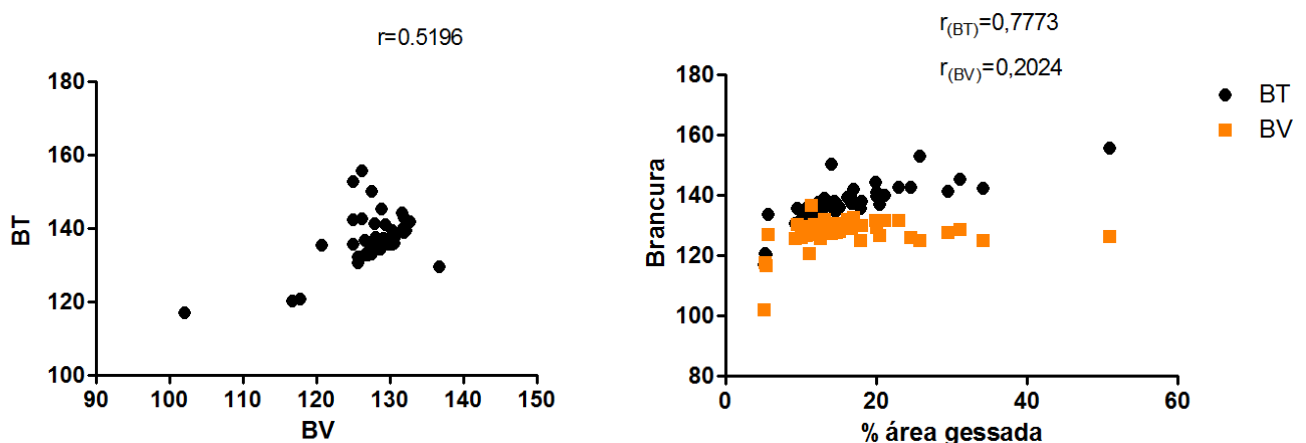
**Figura 23** – Apresentação dos resultados da brancura total (barras a cinzento) e vítrea (barras a amarelo), no eixo da esquerda e percentagem de área gessada (linha a laranja) no eixo da direita, das amostras analisadas.

Pela análise dos resultados apresentados na figura 23, pode verificar-se que no geral as amostras de arroz do tipo Médio e Risotto, nomeadamente “JaponicaG.M1”, “JaponicaG.M2i”, “JaponicaG.M3”, “JaponicaGm.M4i”, “JaponicaA.M5i”, “JaponicaJ.M6i” e “JaponicaU.R1”, são as que apresentam valores mais elevados das 3 variáveis em estudo – brancura total, vítrea e percentagem de área gessada. Apesar de que a amostra que mostra os valores mais elevados é uma variedade do tipo Carolino “JaponicaM25i”, com valores de brancura total e brancura vítrea de 155,81 e 126,20, respetivamente. E percentagem área gessada de 50,93%.

Em contrapartida, as amostras de arroz Vaporizado são as que têm valores mais baixos de brancura (total e vítrea). As amostras “IndicaV1”, “IndicaV2” e “IndicaV3” têm valores de BT de 120,70, 120,20 e 117,00, respetivamente. E a percentagem de área gessada das 3 amostras é aproximadamente 5%. Estes resultados seriam de esperar uma vez que os grãos de arroz vaporizado têm uma tonalidade mais amarela, fruto do tratamento hidrotérmico a que foram submetidos, o grau de brancura medido é menor. Como a área gessada está relacionada com a estrutura do amido, e nos grãos vaporizados o amido se encontra gelatinizado e com alterações na estrutura, causadas por temperaturas e pressões elevadas durante a imersão em água, a área gessada medida assume valores muito baixos.

Pela análise estatística da variância unilateral (ANOVA) os restantes tipo de arroz como Carolino, Agulha, Basmati e Jasmim não apresentam diferenças estatística, nem visualmente muito perceptíveis entre as amostras, mas em média os valores de brancura e percentagem de área gessada para as amostras de Carolino são ligeiramente superiores às restantes.

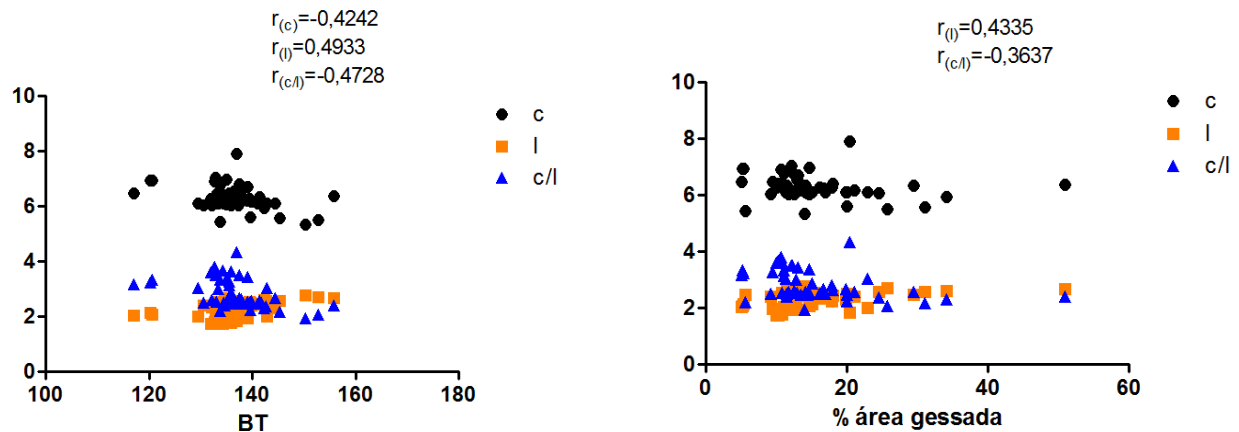
Os valores obtidos para estas 3 propriedades físicas demonstram que quando a brancura vítrea apresenta valores mais reduzidos as amostras também apresentam valores menores de brancura total e área gessada. As variáveis BT e BV apresentam uma correlação positiva com um coeficiente de correlação de Pearson de 0,5196. A área gessada e a BT também mostram uma correlação positiva estatisticamente significativa com um coeficiente de correlação de Pearson de 0,7773, esta relação seria de esperar uma vez que a área gessada caracteriza-se pelo aspeto mais branco e leitoso do grão, e consequentemente a brancura medida é maior. Já entre as variáveis BV e área gessada a correlação não é estatisticamente significativa.



**Figura 24** - Do lado esquerdo: Correlação do coeficiente de Pearson entre a BT e BV. Do lado direito: Correlação do coeficiente de Pearson entre a BT, BV e % área gessada. A correlação é significativa estatisticamente para \*\*\* $p \leq 0,05$ .

A BT correlaciona-se positivamente com a largura e negativamente com o comprimento e com a relação c/l dos grãos (figura 25). No caso da largura do grão, observa-se nos resultados que as amostras da subespécie *japónica* são aquelas com valores superiores em largura e BT. No caso do comprimento do grão, também é conclusivo que as amostras do tipo Basmati e Jasmim tendo valores elevados de comprimento, em média também apresentam valores de BT mais baixos. O mesmo se pode verificar quanto ao c/l que sendo superior nas amostras da subespécie *índica*, a BT assume valores menores.

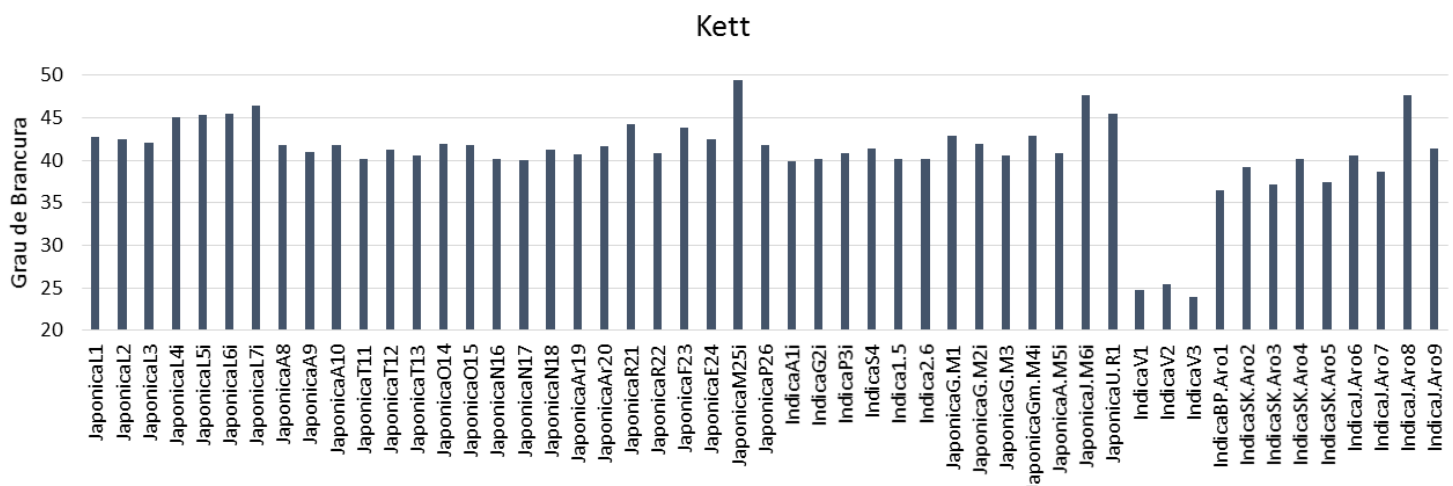
À semelhança da BT, a % área gessada também assume uma correlação positiva com a largura e negativa com a relação c/l (figura 25). Estas conclusões são corroboradas pelos estudos feitos por Koutroubas *et al.* com 318 variedades onde verificou a existência destas correlações <sup>[59]</sup>.



**Figura 25** - Do lado esquerdo: Correlação do coeficiente de Pearson entre a BT e dimensões do grão. Do lado direito: Correlação do coeficiente de Pearson entre a % área gessada e dimensões do grão. A correlação é significativa estatisticamente para  $**p \leq 0,05$ .

O *kett* também é uma medida do grau de brancura do arroz, geralmente usado para medir a brancura dos grãos acabados de sofrerem processos de descasque e branqueamento. Como já explicado anteriormente, o descasque e branqueamento consistem em retirar as camadas exteriores ao endosperma através de fricção, de forma a obter o grão branco que é o estado mais consumido. Desta forma a medição do grau de brancura através do *kett* é uma ferramenta de qualidade importante para a indústria do arroz auxiliando na avaliação da eficácia dos processos.

Na figura 26 estão apresentados os resultados dos valores de *kett* para as amostras de arroz analisadas.



**Figura 26** – Valores de *kett* obtidos para as amostras de arroz analisadas.

Como o *kett* é uma medida de brancura do grão é de esperar que as amostras que anteriormente apresentaram valores de BT mais elevados também apresentem maiores valores de *kett*. De facto, a amostra “JaponicaM25i” é a que tem o maior valor de *kett* à semelhança do valor mais elevado de BT e % área gessada. Contudo nem todas as amostras de arroz do tipo Médio apresentam valores de *kett* mais elevados que as restantes amostras,

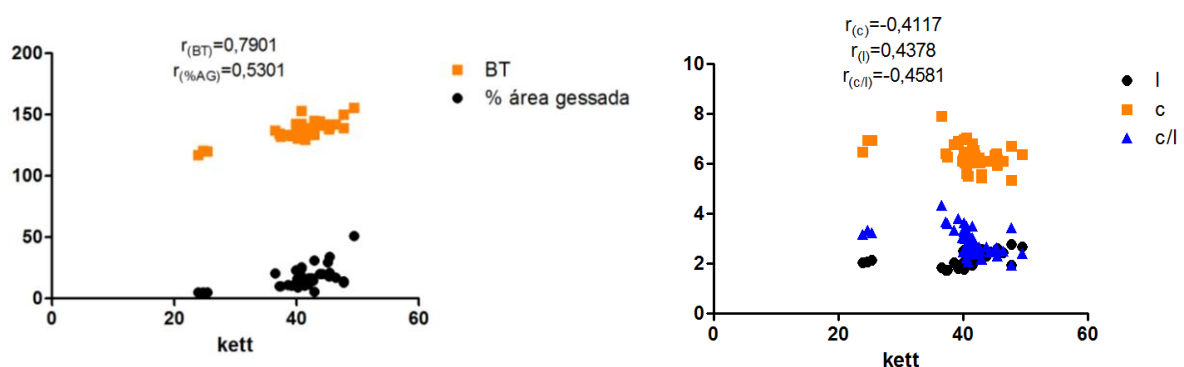


como acontecia para as variáveis BT e % área gessada. À exceção das amostras “JaponicaJ.M6i” e “JaponicaU.R1”, os valores de brancura das amostras de arroz tipo médio são semelhantes às variedades de carolino e agulha analisados. O que pode justificar estes resultados é o facto de que a amostra colhida e analisada na cassete do colorímetro não ser homogénea e ter menor representatividade do número de grãos gessados e daí obter valores mais baixos de *kett* do que o esperado.

A amostra “IndicaJ.Aro8” apresenta um valor de *kett* que se destaca das restantes amostras de arroz Jasmim. Este destaque não ocorreu nos valores de BT ou % área gessada, mas pode notar-se que entre as amostras de arroz Jasmim também é a detentora de valores mais altos destas variáveis. Sendo uma variedade de Jasmim diferente das restantes não é improvável ser caracterizada por um grau de brancura mais elevado, contudo o mais correto seria proceder a novas medições.

Os valores mais baixos para o arroz vaporizado era o esperado pelas mesmas reflexões expostas no caso das propriedades de BT, BV e % área gessada.

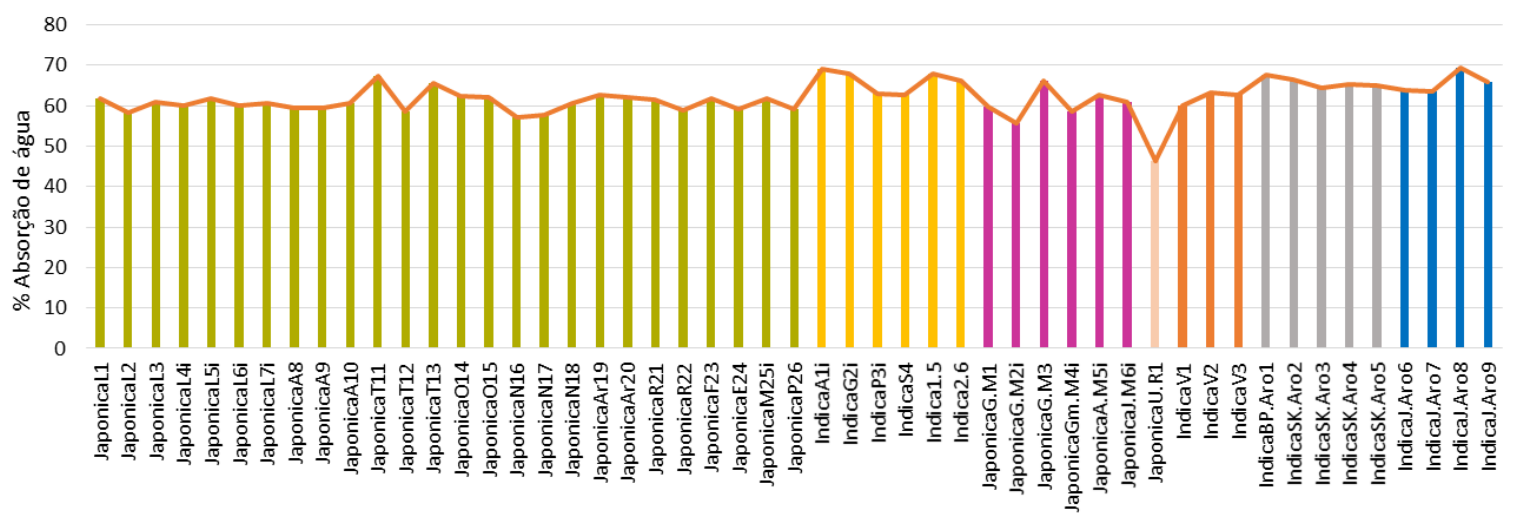
Existe uma correlação positiva entre *kett* e a BT e % área gessada (figura 27) com coeficientes de correlação de Pearson de 0,7901 e 0,5301, respetivamente. À semelhança da propriedade física BT, o *kett* também apresenta correlação positiva com a largura do grão e negativa com o comprimento e a relação c/l. No entanto, na análise da figura 26 nem sempre é correspondida esta relação, sendo justificado pela não homogeneidade das amostras medidas ou pela porção da amostra usada para medir o *kett* não ser a mesma usada na medição dos parâmetros BT, BV e % área gessada.



**Figura 27** - Do lado esquerdo: Correlação do coeficiente de Pearson entre o *kett*, BT e % área gessada. Do lado direito: Correlação do coeficiente de Pearson entre o *kett* e dimensões do grão. A correlação é significativa estatisticamente para \*\* $p \leq 0,05$  (c e l) e para \*\*\* $p \leq 0,05$  (BT, % área gessada e c/l)

#### 4.4. Análise das taxas de absorção de água

Os valores determinados em percentagem da absorção de água das amostras (para  $t=14$  min) analisadas encontram-se na figura 28.

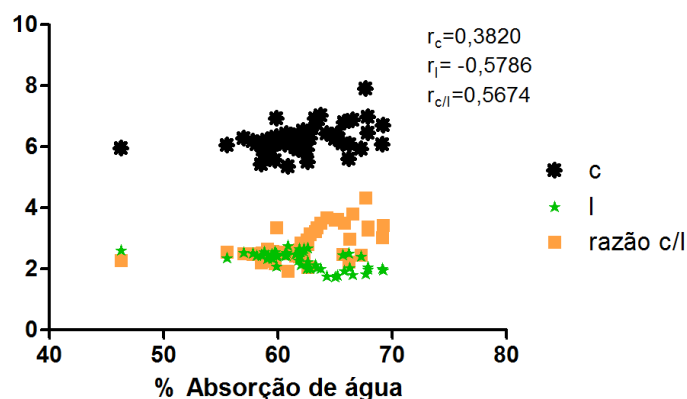


**Figura 28** – Taxas de absorção obtidas para as amostras analisadas. (verde – carolinis; amarelo – agulhas; roxo – médios; bege – risotto; laranjas – vaporizados; cinzento – basmati; azul – jasmim).

Relativamente aos valores determinados para a absorção de água, verifica-se que as maiores taxas de absorção de água tendem para as variedades da subespécie *indica*. As três amostras com maiores taxas de absorção são “IndicaJ.Aro8” = 69.24%, “IndicaA1i” = 69.15% e “Indica1.5” = 67.87%. Contudo, no geral não há diferenças visualmente muito notórias nos valores da taxa de absorção de água das amostras, os valores encontram-se entre 46,25% a 69,24%, sendo a amostra de risotto “JaponicaU.R1” a detentora do valor menor de absorção.

Avaliando a correlação deste parâmetro com outras variáveis aqui analisadas, verifica-se uma correlação significativa estatisticamente com relação c/l do grão, com a largura e com o comprimento (figura 29). Entre a % absorção de água e a relação c/l, bem como com o comprimento verifica-se uma correlação positiva com um coeficiente de correlação de Pearson de 0,5674 e 0,3820, respetivamente. Com a largura do grão a correlação é negativa com coeficiente de correlação de Pearson de -0,5786. Também seria de esperar uma correlação negativa com a % área gessada. Uma vez que as zonas opacas que caracterizam os grãos gessados se devem a uma estrutura mais compacta do amido, seria de prever que grãos com maior % área gessada sejam caracterizados por taxas menores de absorção de água por haver maior dificuldade das moléculas de água penetrarem na estrutura compacta. Analisando a correlação, esta não é significativa estatisticamente mas é uma correlação negativa, o que pode justificar o facto da amostra de risotto “JaponicaU.R1” tenha uma taxa de absorção baixa. Tendo em conta que o risotto é caracterizado por um grão mais branco e leitoso. Por outro lado a absorção de água pelo grão é afetada por vários fatores em

simultâneo, como o conteúdo em amilose e proteína. Seriam necessários estudos mais pormenorizados da constituição nutricional das amostras para possibilitar mais conclusões.



**Figura 29** - Correlação do coeficiente de Pearson entre %absorção de água e relação c/l dos grãos de arroz. A correlação é significativa estatisticamente para \*\*\* $p \leq 0,05$ .

Também foram recolhidos os dados das taxas de absorção ao tempo de cozedura para cada amostra analisada. Estes dados são importantes para se avaliar a quantidade de água que se deve adicionar por proporção de arroz e posteriormente revalidar ou atualizar a informação que consta da embalagem. No contexto deste trabalho, apenas fez parte a recolha destes dados, que estão apresentados na tabela 6, e não a análise ou cálculo das proporções.

**Tabela 6** – Dados obtidos para a taxa de absorção de água das amostras de arroz analisadas, no tempo de cozedura.

Código	Média dos ensaios %absorção de água (t=cozedura)	Desvio-padrão
JaponicaL1	71,03	0,03
JaponicaL2	65,86	0,08
JaponicaL3	67,68	0,64
JaponicaL4i	65,76	0,43
JaponicaL5i	69,35	0,63
JaponicaL6i	70,87	0,31
JaponicaL7i	73,16	0,05
JaponicaA8	66,31	0,64
JaponicaA9	67,33	0,79
JaponicaA10	63,93	0,54
JaponicaT11	66,51	0,83
JaponicaT12	65,08	0,31
JaponicaT13	69,56	1,25
JaponicaO14	63,08	0,11
JaponicaO15	61,83	0,83
JaponicaN16	62,77	0,32
JaponicaN17	66,29	0,07
JaponicaN18	64,97	0,07

JaponicaAr19	62,96	0,15
JaponicaAr20	62,24	0,29
JaponicaR21	66,86	0,27
JaponicaR22	68,72	0,37
JaponicaF23	74,51	0,13
JaponicaE24	65,22	0,38
JaponicaM25i	68,06	0,42
JaponicaP26	62,97	0,38
IndicaA1i	70,77	0,42
IndicaG2i	73,01	0,20
IndicaP3i	63,41	0,48
IndicaS4	68,17	0,43
Indica1.5	72,45	0,03
Indica2.6	69,49	0,88
JaponicaG.M1	62,20	0,30
JaponicaG.M2i	62,43	0,16
JaponicaG.M3	66,56	0,29
JaponicaGm.M4i	65,13	0,54
JaponicaA.M5i	63,24	0,02
JaponicaJ.M6i	63,15	0,08
JaponicaU.R1	63,45	0,36
IndicaV1	70,90	0,14
IndicaV2	68,96	0,07
IndicaV3	64,20	0,08
IndicaBP.Aro1	69,24	0,08
IndicaSK.Aro2	67,49	0,45
IndicaSK.Aro3	67,93	0,36
IndicaSK.Aro4	69,84	0,43
IndicaSK.Aro5	65,37	0,40
IndicaJ.Aro6	73,05	0,32
IndicaJ.Aro7	71,79	0,82
IndicaJ.Aro8	69,14	0,02
IndicaJ.Aro9	67,68	0,38

#### 4.5. Determinação das propriedades de viscosidade do arroz

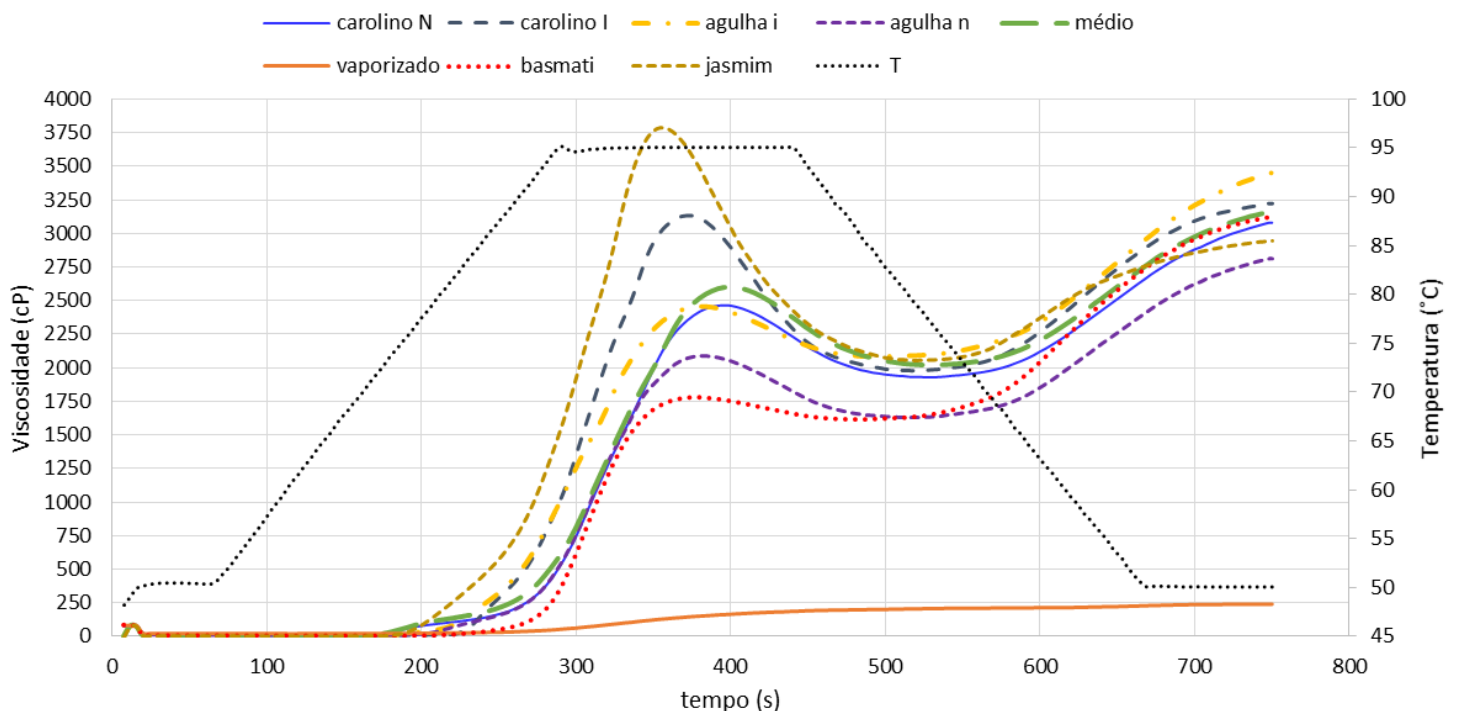
As características de cozimento e palatabilidade do arroz são indicadores de extrema importância na avaliação da qualidade por parte do consumidor. Quando a aparência conquista, o próximo passo é ser agradável ao paladar. A qualidade de cozimento de uma determinada variedade de arroz não é apenas avaliada pelo aspeto ou textura, mas também pelo tempo que demora a cozer, pela dureza do grão após o processo de cozedura, ou o

facto de ficar mais cremoso ou mais solto. Apesar das preferências não serem consensuais, o conhecimento do comportamento do arroz durante o processo de cozedura auxilia as indústrias arroseiras na escolha das melhores opções a disponibilizar em cada mercado.

As curvas de viscosidade ajudam a prever as propriedades sensoriais de uma amostra de arroz e por isso o RVA é uma ferramenta muito usada para avaliar a qualidade do arroz <sup>[46]</sup>. Tal como mostrado na figura 9, os parâmetros obtidos a partir da análise da farinha de arroz são o pico de viscosidade, vala (viscosidade mínima), *breakdown*, viscosidade final, *setback* (retrogradação), tempo do pico (tp) e temperatura *pasting* (Tp). Através da análise destes parâmetros é possível compreender o comportamento das amostras durante e após a cozedura.

Tendo em consideração que os valores do pico de viscosidade, vala, viscosidade final, tempo do pico e temperatura *pasting* são valores de pontos específicos do gráfico. Ao contrário dos valores de *breakdown* e *setback* que são valores calculados através da diferença entre viscosidade do pico e da vala e entre a viscosidade final e a viscosidade do pico, respetivamente.

Na figura 30 é possível ver uma curva típica para cada tipo de arroz, isto é arroz carolino nacional, arroz carolino importado, arroz agulha nacional, arroz agulha importado, arroz médio, arroz vaporizado, arroz basmati e arroz jasmim. Sendo que deve ter-se em consideração que como dentro de cada tipo de arroz foram analisadas diferentes variedades



**Figura 30** – Perfil de viscosidade (eixo do lado esquerdo) obtido através do RVA, de cada tipo de arroz analisado. Linha a picotado: representação dos valores de temperatura atingidos (eixo lado direito) durante o teste.

as curvas são apenas para representar as diferenças gerais dos vários tipos de arroz analisados.

Pela análise do gráfico da figura 30 verifica-se que o perfil de viscosidade mais diferente é o do arroz vaporizado. Este comportamento acontece devido às alterações que a estrutura do amido sofre quando o arroz é submetido ao tratamento de vaporização, e que se reflete na menor capacidade de inchamento dos grânulos de amido <sup>[62]</sup>, afetando todo o perfil da curva de viscosidade. Quanto aos valores de viscosidade do pico, pode observar-se que o arroz jasmim e arroz carolino importado são as amostras com valores superiores. Indicando que têm maior capacidade que o amido se ligue à água e existe elevada expansão dos grânulos durante a fase de aquecimento do teste.

Para conclusões mais aprofundadas a análise de cada parâmetro foi feita individualmente e para as 51 amostras analisadas.

De forma a facilitar a análise estatística dos valores dos parâmetros de viscosidade das amostras analisadas, foram criados grupos de amostras. Estes grupos foram criados de acordo com as semelhanças das amostras entre os diferentes parâmetros. Assim, na apresentação dos resultados exposto a seguir, o grupo A corresponde às amostras “JaponicaL1”, “JaponicaL2” e “JaponicaL3”; grupo B: “JaponicaL4i”, “JaponicaL5i”, “JaponicaL6i” e “JaponicaL7i”; grupo C: “JaponicaA8”, “JaponicaA9” e “JaponicaA10”; grupo D: “JaponicaT11”, “JaponicaT12” e “JaponicaT13”; grupo E: “JaponicaO14” e “JaponicaO15”; grupo F: “JaponicaN16”, “JaponicaN17” e “JaponicaN18”; grupo G: “JaponicaAr19” e “JaponicaAr20”; grupo H: “JaponicaR21” e “JaponicaR22”; grupo I: “JaponicaG.M1”, “JaponicaG.M2i”, “JaponicaG.M3” e “JaponicaGm.M4i”; grupo J: “IndicaV1”, “IndicaV2” e “IndicaV3”; grupo K: “IndicaSK.Aro2”, “IndicaSK.Aro3”, “IndicaSK.Aro4” e “IndicaSK.Aro5”; grupo L: “IndicaJ.Aro6”, “IndicaJ.Aro7”, “IndicaJ.Aro8” e “IndicaJ.Aro9”.

Na figura 31 estão apresentados os valores para a viscosidade do pico das amostras de arroz analisadas. As letras, que se encontram acima de cada barra, resultam da análise estatística, ANOVA seguida de teste de Tukey, com intervalo de confiança de 95%. Amostras com letras iguais são iguais estatisticamente.

Pela observação do gráfico da figura 31 verifica-se que a amostra “JaponicaM25i” é aquela que demonstra valor mais alto de viscosidade de pico, com um valor de 3775,5 cP. O grupo L e “IndicaA1i” também têm valores de viscosidade de pico (VP) de destaque, 3734,6 cP e 3499,0 cP, respetivamente. O grupo J correspondente às amostras de arroz vaporizado e correspondem ao valor mais baixo com valor de 318,0 cP. As amostras “JaponicaU.R1” (risotto), “IndicaBP.Aro1” e grupo K (ambos arroz basmati) dentro das variedades estudadas também apresentam valores baixos.

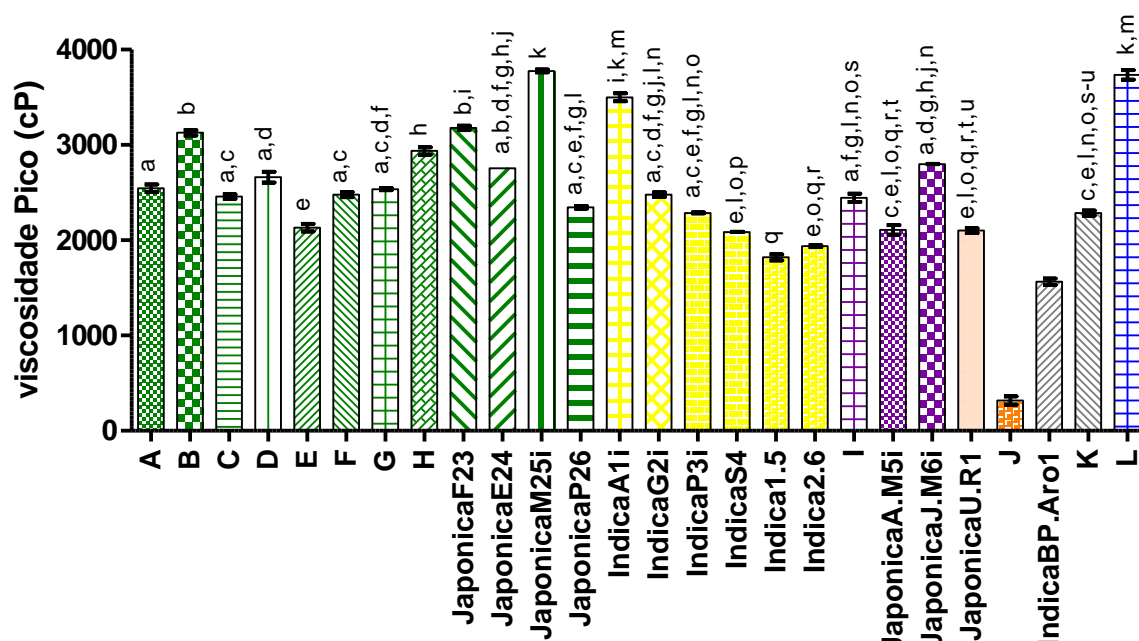
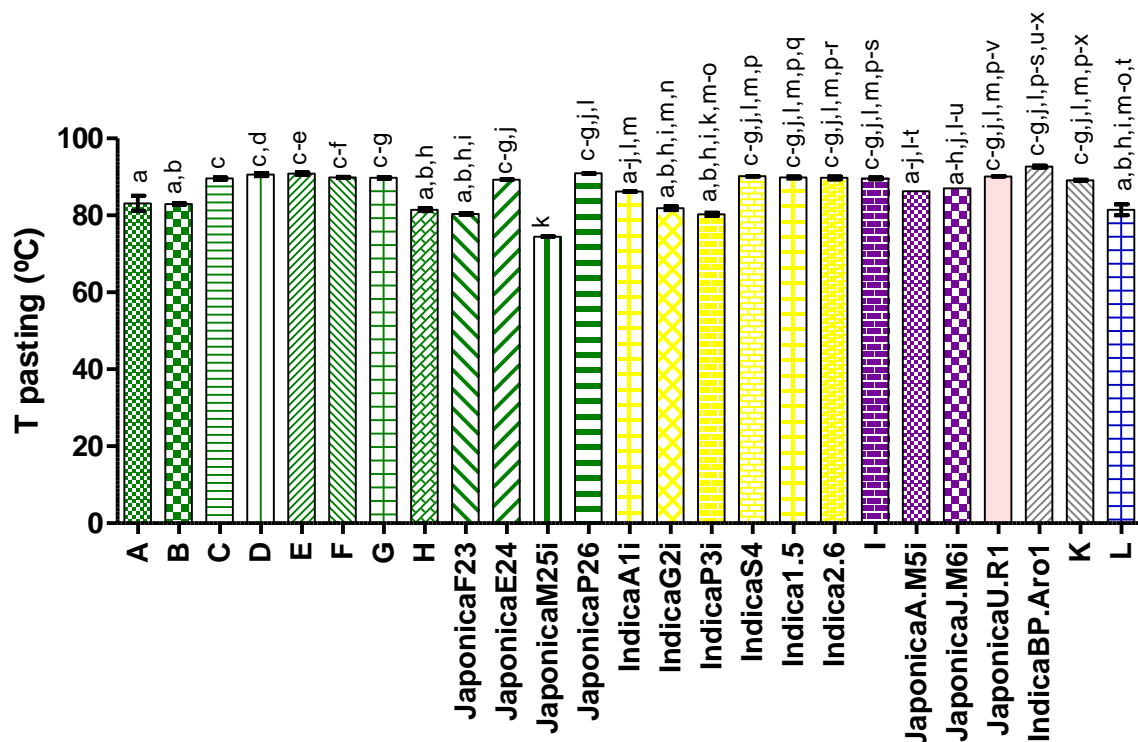


Figura 31 – Valores de viscosidade do pico (cP-centistokes) das curvas de RVA. (verde – carolinos; amarelo – agulhas; roxo – médios; bege – risotto; laranjas – vaporizados; cinzento – basmati; azul – jasmim).

De forma geral, os valores de VP para as amostras da subespécie *Índica* são inferiores aos da subespécie *japónica*. Este parâmetro é indicador da capacidade do amido se ligar à água e da extensão de inchaço dos grânulos de amido. As cadeias de amilose e amilopectina têm grande influência na forma como se desenvolve a viscosidade, uma vez que são componentes maioritários. Variedades com menor teor em amilose e maior em amilopectina terão tendência em apresentar valores mais altos de VP e maior extensão no inchaço dos grânulos [46, 63]. Segundo a bibliografia, a subespécie *Índica* apresenta valores mais altos de amilose [63] o que pode explicar que as amostras de *japónica*, no geral, evidenciam valores superiores. Contudo o teor de amilose não é o único fator que influencia a forma como o amido se comporta na presença de água e altas temperaturas. A presença de cadeias longas de amilopectina, presença de proteínas e/ou complexos entre a amilose e lípidos são fatores que influenciam a quantidade de água absorvida, afetando a curva de viscosidade. Normalmente a presença destes fatores suprime o inchaço dos grânulos de amido levando a valores mais baixos de viscosidade. Na presença de alto conteúdo em proteína pode formar-se matrizes, entre estas macromoléculas, que circundam a estrutura do amido e dificultam a ligação às moléculas de água. As cadeias de amilose não têm tanta facilidade em escapar dos grânulos para a solução aquosa e consequentemente a viscosidade atinge um valor menor [64]. A conjugação destes parâmetros pode justificar que o grupo L, amostras de arroz jasmim, subespécie *Índica*, apresente valores VP elevados. Se estas amostras apresentarem teores de proteína baixos e as cadeias de amilopectina forem curtas, por exemplo.

A temperatura *pasting* ( $T_p$ ) é a temperatura à qual se encontra o sistema quando o pico de viscosidade é atingido. Na figura 32 estão apresentados os resultados para as amostras analisadas.



**Figura 32** – Valores da temperatura Pasting, em graus centígrados, das amostras de arroz analisadas. (verde – carolinianos; amarelo – agulhas; roxo – médios; bege – risotto; laranjas – vaporizados; cinzento – basmati; azul – jasmim).

Verifica-se que não existem diferenças significativas entre a maioria das amostras. Os valores das temperaturas estão compreendidos entre os valores 74°C e 92°C, sendo o valor mais baixo correspondente à amostra “JaponicaM25i” e o maior à amostra “IndicaBP.Aro1”. Nas amostras que os grânulos de amido incham mais rapidamente e com maior facilidade a temperatura tende a ser menor <sup>[63]</sup>, o que geralmente coincide com variedades com maior teor em amilopectina uma vez que esta cadeia contribui para o inchaço dos grânulos de amido. Estes resultados não corroboram isto, uma vez que as diferenças entre as amostras não são evidentes. Sendo que este parâmetro não tem grande relevância avaliado individualmente. Para as amostras de arroz vaporizado, o RVA não concede um valor para esta temperatura, isto acontece porque como vemos na figura 30 a curva de viscosidade não apresenta um pico. Na verdade, neste tipo de arroz a ligação das moléculas à água e o inchaço dos grânulos são processo restringidos pelas alterações ocorridas na estrutura do amido <sup>[62]</sup>.

O tempo do pico representa os minutos que são necessários para que o pico de viscosidade seja atingido. Pela observação da figura 33 verifica-se que, tal como ocorreu com a  $T_p$ , as diferenças entre a maioria das amostras não são significativas.



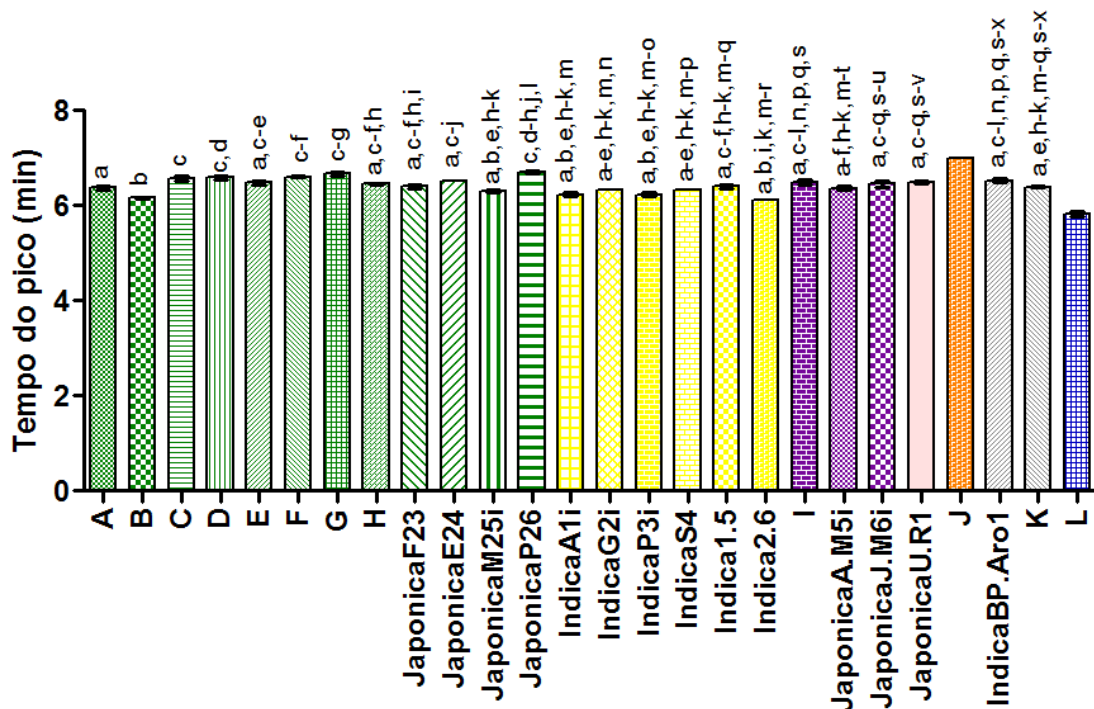
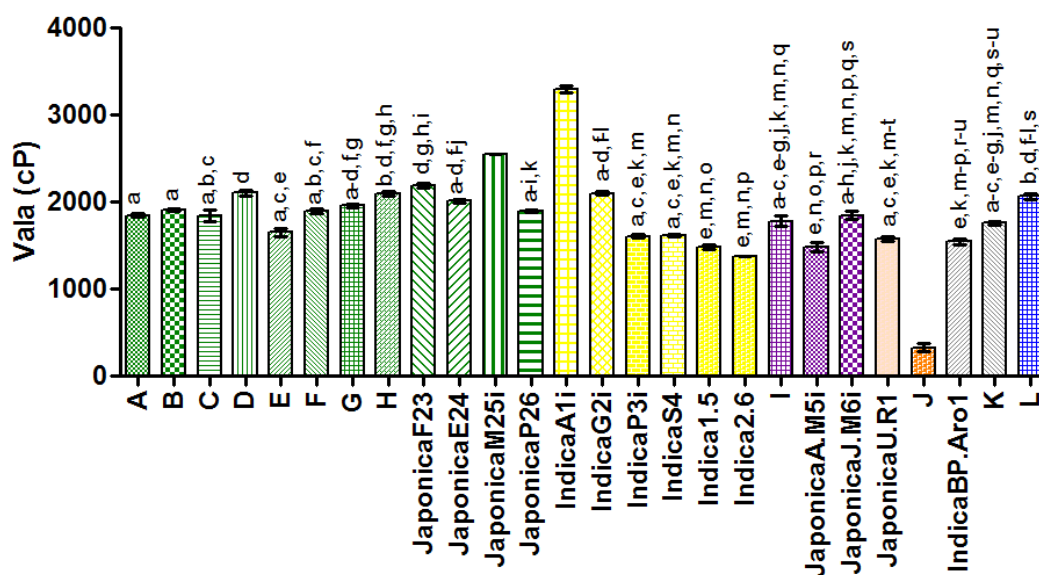


Figura 33 – Apresentação dos resultados correspondentes ao tempo de pico, em minutos, das amostras de arroz analisadas. (verde – carolinos; amarelo – agulhas; roxo – médios; bege – risotto; laranjas – vaporizados; cinzento – basmati; azul – jasmim).

Menor tempo necessário para atingir viscosidade máxima na fase de aquecimento, traduz-se na maior capacidade de ligação do amido às moléculas de água e na facilidade dos grânulos incharem. Vemos que o grupo L apresenta um tempo de pico de 5,82 min, menor valor apresentado, o que indica que o elevado pico de viscosidade é rápido a ser atingido. Indicando grande capacidade de ligação à água e grânulos de amido que sofram inchaço facilmente por parte das amostras de arroz jasmim.

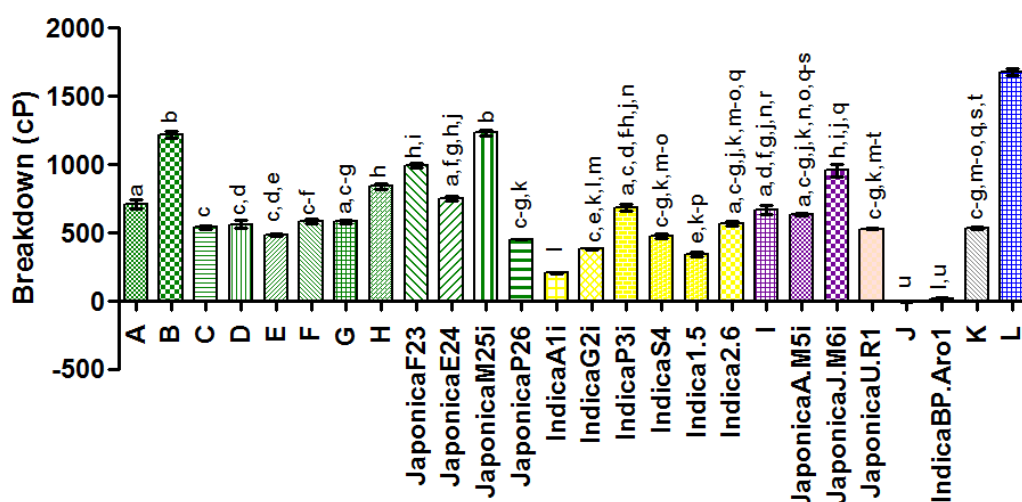
Atingido o pico de viscosidade, a viscosidade começa a diminuir fruto da desintegração dos grânulos de amido (*breakdown*) até atingir uma viscosidade mínima, designada vala. Este ponto na curva de viscosidade representa o final da fase de aquecimento, tendo em conta que a viscosidade da vala ( $V_{\text{vala}}$ ) pode ser atingida antes ou depois do início do decréscimo da temperatura máxima, valores apresentados na figura 34. A análise da  $V_{\text{vala}}$  tem de ter sempre em conta o valor de VP atingida e a extensão do *breakdown*, não sendo uma propriedade que permita distinguir facilmente os tipos de amostra. A amostra “IndicaA1i” apresenta o maior valor neste parâmetro, uma vez que apresenta um valor de VP alto o valor esperado para este fator também seria de esperar alto. Como o valor de *breakdown* para esta amostra indica pouca desintegração dos grânulos, pode ser justificado pela presença da interação entre o amido e outro constituinte, como proteínas ou lípidos, que fortaleça a estabilidade do grânulo e mantenha a integridade dos mesmos. O que justificaria uma VP menor pela dificuldade de ligação

das moléculas de água, contudo há vários fatores que influenciam estas propriedades simultaneamente, o que nem sempre torna fácil prever o comportamento real da amostra.



**Figura 34** - Apresentação dos resultados correspondentes à viscosidade da vala, em cP, das amostras de arroz analisadas. (verde – carolinos; amarelo – agulhas; roxo – médios; bege – risotto; laranjas – vaporizados; cinzento – basmati; azul – jasmim).

Um parâmetro mais importante a avaliar neste caso é o valor da viscosidade correspondente ao *breakdown* (Bd), que corresponde à diferença entre VP e  $V_{\text{vala}}$ , e é indicador da estabilidade da pasta de amido. Além disso associado à melhor palatabilidade do arroz, isto é mais agradável ao paladar [65]. Os resultados deste fator estão apresentados na figura 35.



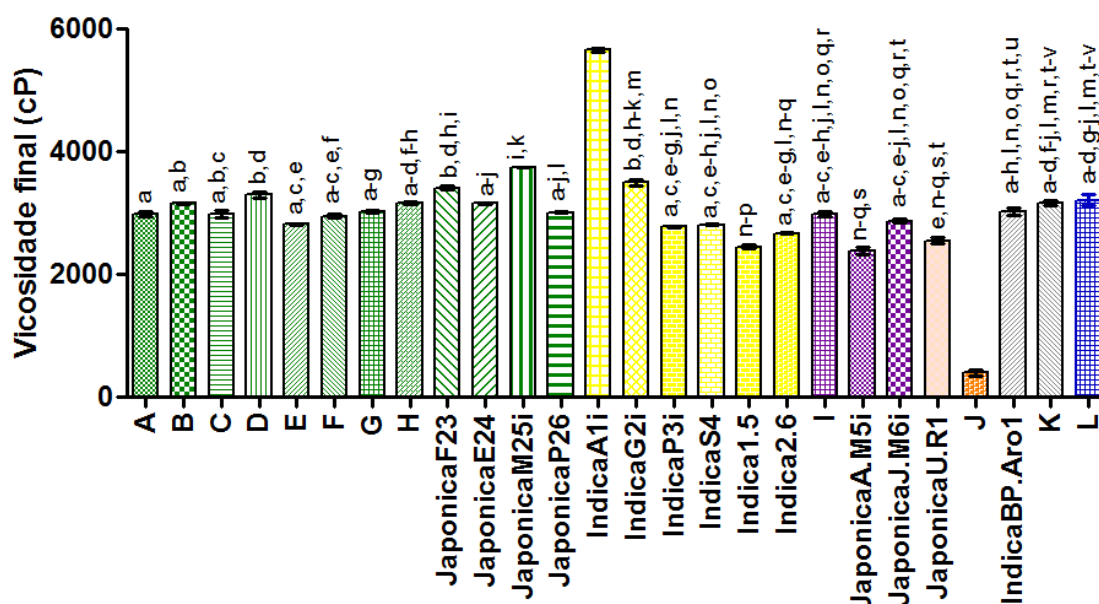
**Figura 35** - Apresentação dos resultados correspondentes ao breakdown, em cP, das amostras de arroz analisadas. (verde – carolinos; amarelo – agulhas; roxo – médios; bege – risotto; laranjas – vaporizados; cinzento – basmati; azul – jasmim).

O grupo L, amostras de arroz jasmim, apresentam o valor de Bd maior o que revela maior desintegração dos grânulos. Conclusões corroboradas com a bibliografia, se se

considerar que estas amostras apresentam baixo teor em proteínas, os grânulos de amido encontram-se mais desprotegidos e mais frágeis ao colapso após atingirem o máximo de volume <sup>[64]</sup>.

No geral verifica-se que as amostras da subespécie *japónica* apresentam valores mais altos de Bd, o que se esperava pelo facto de terem atingindo valores de VP altos, indicando maior número de grânulos inchados logo maior desintegração. Valores altos de Bd também podem ser explicados pela possibilidade das amostras serem constituídas por cadeias curtas de amilopectina que não providenciam interações fortes e tornam os grânulos de amidos mais instáveis, havendo maior facilidade na perda da integridade. E grãos longos são caracterizados por possuírem menor número de cadeias curtas de amilopectina <sup>[63]</sup>, o que pode resultar em valores de Bd menores, indo de encontro ao mostrado nos resultados da figura 35. O valor obtido para o grupo J é explicado na bibliografia, pela possibilidade da ocorrência de retrogradação, consequência do tratamento hidrotérmico, que possibilita a existência de ligações entre as cadeias de amido que fortalecem a estrutura, inibindo o inchaço dos grânulos e subsequente colapso <sup>[62]</sup>, e obtenção de valores muito baixos.

Um outro parâmetro importante de avaliar é a viscosidade final. Esta corresponde ao valor da viscosidade quando a pasta de amido fica estabilizada e está relacionada com a capacidade do amido em questão formar um gel. Os resultados obtidos para a viscosidade final são apresentados na figura 36.

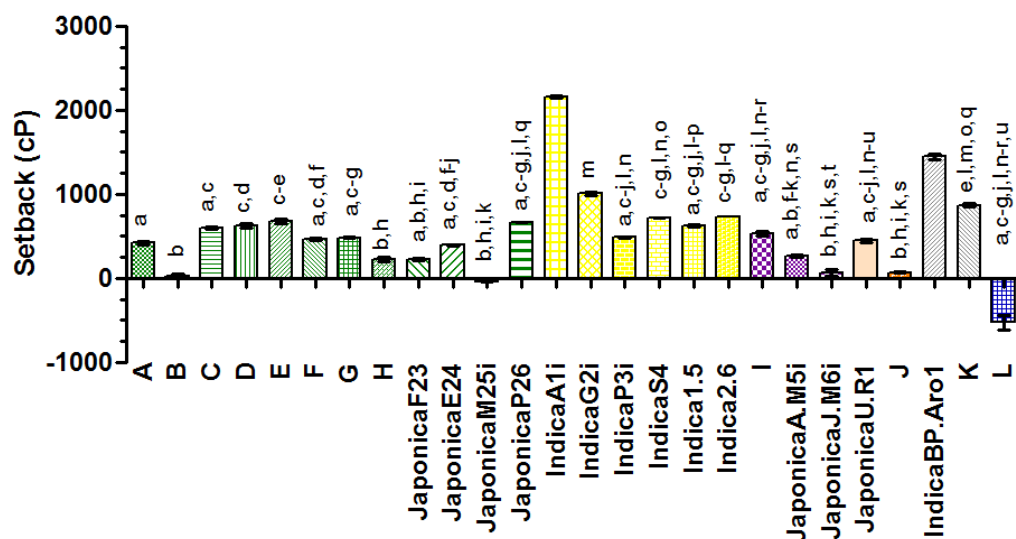


**Figura 36** - Apresentação dos resultados correspondentes à viscosidade final, em cP, das amostras de arroz analisadas. (verde – carolinos; amarelo – agulhas; roxo – médios; bege – risotto; laranjas – vaporizados; cinzento – basmati; azul – jasmim).

A amostra “IndicaA1i” apresenta a maior viscosidade final (VF) com o valor de 5654 cP, seguida das amostras “JaponicaM25i” e “IndicaG2i” com valores de 3738 cP e 3491 cP,

respetivamente. Segundo a literatura, amostras com teores mais elevados de amilose tendem a apresentar VF maiores o que justifica as duas amostras de arroz agulha mencionadas anteriormente. Contrariamente, a amostra “JaponicaM25i” sendo da subespécie japónica e do tipo carolino, não se previa um valor tão alto. Contudo, como apresenta o valor mais alto de VP o seu valor de VF é influenciado por arrasto. Pois de forma geral, em média as amostras da subespécie *indica* apresentam valores superiores, à exceção das amostras do grupo J, arroz vaporizado. Não sendo esta superioridade muito evidente no gráfico da figura 36, uma vez que estatisticamente a maioria das amostras não são significativamente diferentes. No entanto, a VF é um parâmetro comumente usado para avaliar a qualidade de determinada amostra, uma vez que traduz a capacidade de formar um gel <sup>[46]</sup>, o que se verifica na literatura é que amostras com valores de VF altos mostram formar géis rígidos e valores de VF baixos são amidos capazes de desenvolver géis macios e serem boa fonte de espessantes <sup>[66]</sup>. Isto acontece porque quando a temperatura do ciclo começa a descer as ligações entre as cadeias de glicose começam a formar uma rede que aprisiona moléculas de água e resulta num gel totalmente hidratado.

Com o contínuo arrefecimento do gel, a rede formada pressiona a saída de água (retrogradação). Este fenómeno é avaliado através do parâmetro *setback* (SB), que indica a diferença entre viscosidade final e a viscosidade do pico. Os resultados estão apresentados na figura 37.



**Figura 37** - Apresentação dos resultados correspondentes ao setback, em cP, das amostras de arroz analisadas. (verde – carolin; amarelo – agulhas; roxo – médios; bege – risotto; laranjas – vaporizados; cinzento – basmati; azul – jasmim).

Pela observação dos dados apresentados na figura 37 verifica-se que as amostras da subespécie *indica* apresentam valores superiores às amostras *japónica*. Mais uma vez a amostra “IndicaA1i” destaca-se com um valor de 2154 cP, seguida da amostra “IndicaBP.Aro1” com um valor de 1452 cP. Sendo este parâmetro um indicador da pasta de amido sofrer retrogradação, devido ao rearranjo das moléculas de amilose libertadas dos

grânulos durante a fase de aquecimento, seria de esperar que amostras com maiores teores em amilose (*índica*) tivessem maior tendência para maiores valores de SB. As amostras do grupo L apresentam valores negativos para este parâmetro porque o aumento de viscosidade durante o arrefecimento não superou o valor de VP obtido para esta amostra, isto é VF foi menor que a VP. Tal como mencionado anteriormente, existem diferentes fatores que influenciam as propriedades de viscosidade das amostras, pelo que sem uma análise mais pormenorizada da composição da amostra não é possível justificar estes valores, também poderiam repetir-se os ensaios de RVA desta amostra de forma a despistar algum erro cometido durante o procedimento deste que tenha originado este valor.

No gráfico da figura 37 são apresentados os resultados da VP, vala, Bd, VF e SB.

Os resultados encontrados para os parâmetros de viscosidade estão de acordo com os estudos realizado por Li *et al.* (2010). Tal como se verifica na figura 38, avaliando de forma geral as amostras de arroz, a subespécie *japónica* apresenta valores mais altos de VP e Bd. Enquanto os valores mais altos de VF e SB correspondem às amostras da subespécie *índica*. Sendo que no que toca aos valores de VF só se verifica isto para as amostras “IndicaA1i”, “IndicaBP.Aro1” e grupo L, pois as restantes amostras apresentam valores de VF semelhantes, independentemente à subespécie que pertencem. O grupo L demonstra valores de VP e SB que se afastam destas conclusões, o que pode ser explicado pelo papel mais importante de outro constituinte nestes parâmetros, que influencia todo o comportamento.

A ligação entre as moléculas de amilose são fortes causadas pelas pontes de hidrogénio, e por isso fazer uma pasta a partir de amido com menor teor em amilose (resulta em géis macios) é mais fácil do que com um amido rico nestas cadeias (resulta em géis rígidos). O pico de viscosidade e o Bd estão negativamente correlacionados com o teor em amilose, sendo isto justificado porque as cadeias de amilose obstruem o inchaço dos grânulos por dificultarem a ligação às moléculas de água, se existe menor expansão de volume dos grânulos também existirá menor colapso dos mesmos. O amido das amostras indica sofrem maior retrogradação, uma vez que as moléculas de amilose com a diminuição da temperatura têm tendência em rearranjar-se paralelamente formando ligações de hidrogénio que se espelha numa fácil retrogradação, maior quanto maior o conteúdo em cadeias de amilose. E consequentemente, resulta numa VF também maior <sup>[67]</sup>.

A avaliação destes parâmetros ajudam a prever alguns dos traços da qualidade do arroz, por exemplo ao avaliar a consistência do gel no final do teste de RVA permite concluir se será um arroz de textura mais dura ou mais macia depois de cozido. Valores de SB estão positivamente correlacionados com a dureza do arroz cozido e negativamente com a textura pegajosa do mesmo.

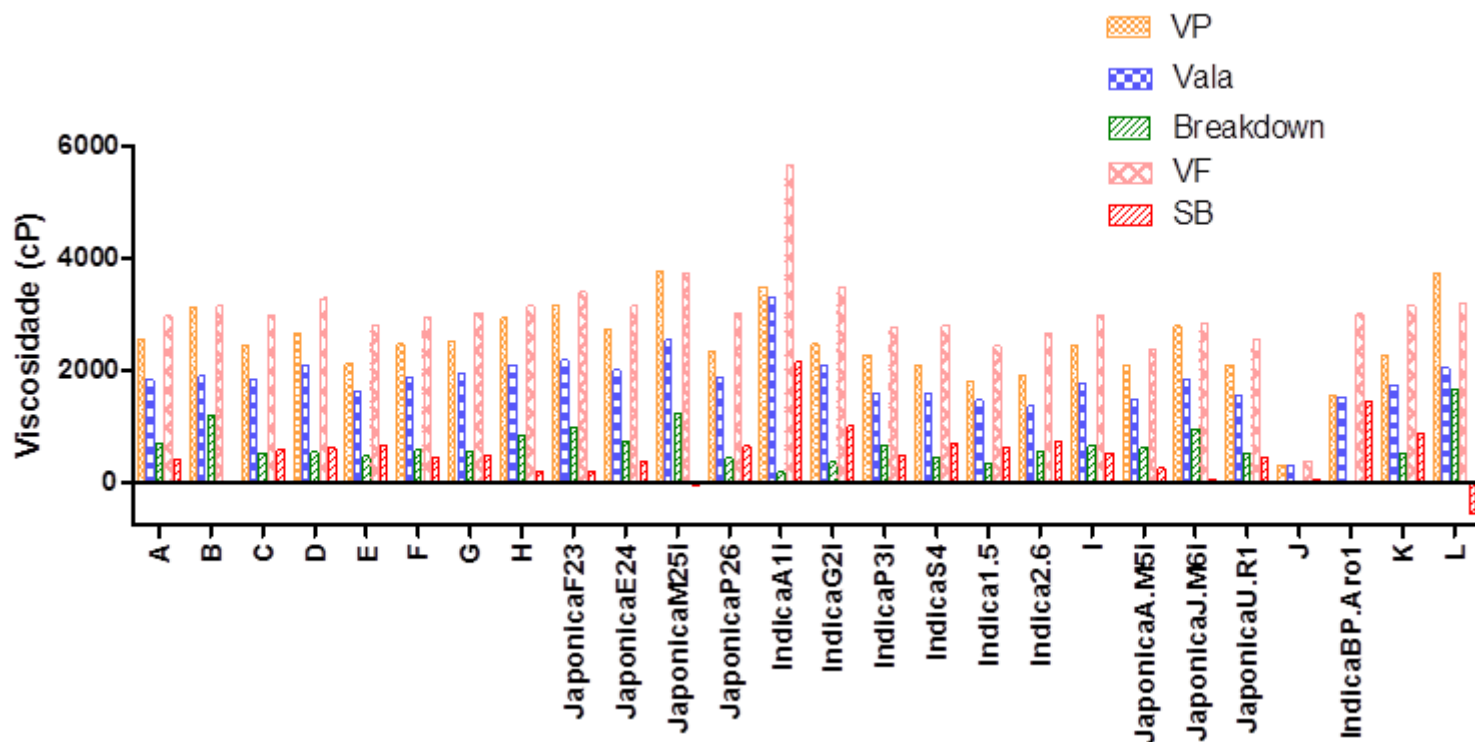


Figura 38 – Agrupação dos resultados da VP, vala, breakdown, VF e SB das amostras analisadas de arroz.

Estudando as correlações entre os parâmetros, pode afirmar-se que para a variável VP verifica-se que existe uma correlação positiva estatisticamente significativa com a Vala, Bd e a VF, com coeficientes de correlação de Pearson de 0,8744, 0,8269 e 0,8100, respetivamente representado na figura 39. Não se verifica correlação significativa com o SB.

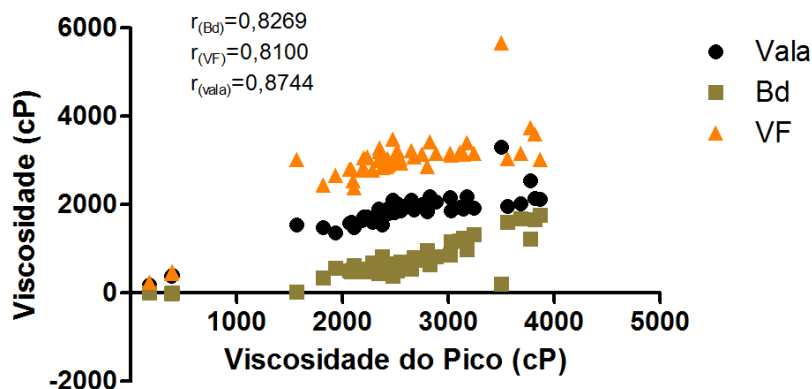


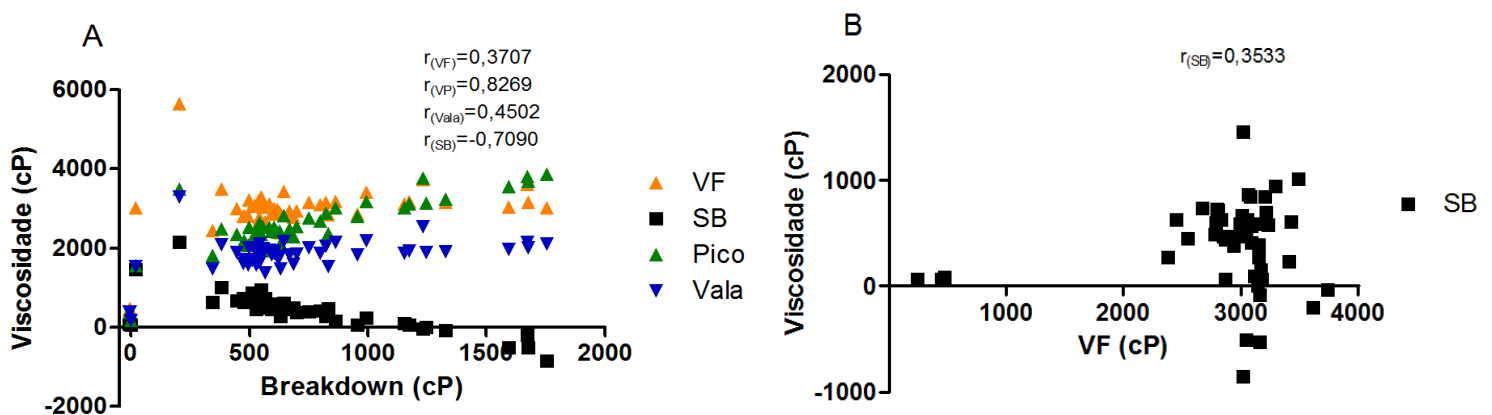
Figura 39 - Correlação do coeficiente de Pearson entre Viscosidade do pico e viscosidade da vala, Breakdown e Viscosidade final dos grãos de arroz. A correlação é significativa estatisticamente para \*\*\* $p \leq 0,05$ .

A correlação positiva entre a VP e a VF é oposto ao descrito na literatura, uma vez que na bibliografia amostras da subespécie japónica são caracterizadas por VP e Bd elevados e VF baixos, contudo os resultados obtidos para a VF neste estudo não coincidem. Pelos resultados da figura 36 é perceptível que além de não se verificarem grandes diferenças entre as VF das amostras da subespécie índica e japónica, não existe superioridade dos valores



das amostras da subespécie *índica*. Teriam de ser avaliados outros fatores, como o teor em proteína e lípidos para poder averiguar os resultados.

Existe também correlação positiva estatisticamente significativa entre o Bd e VF, VP e Vala e negativa com SB, com coeficientes de correlação de Pearson de 0,3707, 0,8269, 0,4502 e -0,7090, respectivamente, representados na figura 40-A. Tal como mencionado anteriormente, o parâmetro de VF não coincide com os resultados da literatura. Já a correlação negativa com o SB vai de encontro, uma vez que são as amostras com menor Bd que apresentam valores de retrogradação ou SB maiores, as amostras *índica*. A correlação entre a VF e SB também é positiva ( $r=0,3533$ ), figura 40-B, uma vez que quanto maior for a retrogradação maior é a VF, não se conseguindo verificar essa tendência para todas as amostras.



**Figura 40** – Do lado esquerdo (A): Correlação do coeficiente de Pearson entre Breakdown, Viscosidade final e Setback ou retrogradação, dos grãos de arroz. A correlação é significativa estatisticamente para  $**p \leq 0,05$ . Do lado direito (B): Correlação do coeficiente de Pearson entre Viscosidade final e Setback ou retrogradação das amostras de arroz analisadas. A correlação é significativa estatisticamente para  $*p \leq 0,05$ .

#### 4.6. Determinação do tempo de cozedura

O tempo de cozedura é outra característica importante que caracteriza e influencia a escolha do consumidor. A procura por variedades que combinem menor tempo de cozedura e boa qualidade final do arroz cozido despertam maior interesse.

Os dados apresentados para o tempo de cozedura neste estudo, figura 41, são os tempos calculados para que 90% dos grãos se apresentem cozidos. É esta percentagem considerada uma vez que a partir desta percentagem de grãos cozidos o consumidor não nota grãos não cozidos. Porém, muitas vezes a empresa opta por considerar o tempo de cozedura os minutos que correspondem a 100% dos grãos cozidos de forma a caracterizar as variedades de arroz.

À semelhança dos parâmetros de viscosidade algumas amostras foram agrupadas tendo em conta a variedade de arroz e as semelhanças entre o tempo de cozedura das amostras. Assim, tal como nos resultados do ponto anterior os grupos a considerar são que

o grupo A: “JaponicaL1”, “JaponicaL2” e “JaponicaL3”; grupo B: “JaponicaL4i”, “JaponicaL5i”, “JaponicaL6i” e “JaponicaL7i”; grupo C: “JaponicaA8”, “JaponicaA9” e “JaponicaA10”; grupo D: “JaponicaT11”, “JaponicaT12” e “JaponicaT13”; grupo E: “JaponicaO14” e “JaponicaO15”; grupo F: “JaponicaN16”, “JaponicaN17” e “JaponicaN18”; grupo G: “JaponicaAr19” e “JaponicaAr20”; grupo H: “JaponicaR21” e “JaponicaR22”; grupo I: “JaponicaG.M1”, “JaponicaG.M2i”, “JaponicaG.M3” e “JaponicaGm.M4i”; grupo J: “IndicaV1”, “IndicaV2” e “IndicaV3”; grupo K: “IndicaSK.Aro2”, “IndicaSK.Aro3”, “IndicaSK.Aro4” e “IndicaSK.Aro5”.

As letras, que se encontram acima de cada barra, resultam da análise estatística, ANOVA seguida de teste de Tukey, com intervalo de confiança de 95%. Amostras com letras iguais são iguais estatisticamente.

Pela análise do gráfico da figura 41, é possível ver que a amostra “IndicaB.Aro1”, arroz basmati, é a detentora do menor valor para  $t_{90\%}$  com 11,20 minutos. Seguida das amostras “IndicaJ.Aro8”, “JaponicaA.M5i” e do grupo K (amostras de basmati) com valores estatisticamente iguais para  $t_{90\%}$  de 14,16, 14,51 e 14,56, respetivamente. Como o processo de cozedura se traduz no amido sofrer processo de gelatinização, caracterizado pela perda da estrutura dos grânulos de amido e perda da ordem molecular, causada pela absorção de água conjugada com altas temperaturas. É de esperar que conteúdos mais elevados de amilose resultem em tempos de cozedura mais elevados, uma vez que a amilose dificulta a rutura dos grânulos e penetração das moléculas de água nos mesmos [68]. Contudo outros fatores parecem influenciar mais expressivamente a gelatinização dos grãos no processo de cozedura. Pelos resultados obtidos, o parâmetro c/l parece influenciar o  $t_{90\%}$ , pois grãos longos e finos, característicos dos grãos de arroz basmati tendem a necessitar de menor tempo de cozedura. Como apresentam maior relação c/l, apresentam maior área de contacto com a água o que facilita a absorção da mesma, e o facto de serem mais finos traduz-se em menor área de penetração, o que pode justificar estes resultados. Porém não justifica o comportamento para todas as amostras, uma vez que a amostra “IndicaJ.Aro7” apesar de também ter elevado valor para c/l não apresenta  $t_{90\%}$  baixo. Acontece porque outros fatores influenciam em simultâneo esta absorção de água e este processo.

Também é possível verificar que as amostras do grupo B, subespécie japónica, são as que apresentam valores de  $t_{90\%}$  mais elevado, com 24,58 minutos. Seguida das amostras do grupo A e H com valores para  $t_{90\%}$  de 22,30 e 22,69 minutos, respetivamente. A amostra “IndicaJ.Aro7”, amostra de arroz jasmim, também apresenta um valor elevado e estatisticamente igual aos 3 grupos mencionados anteriormente, com valor de  $t_{90\%}$  de 21,35 minutos.



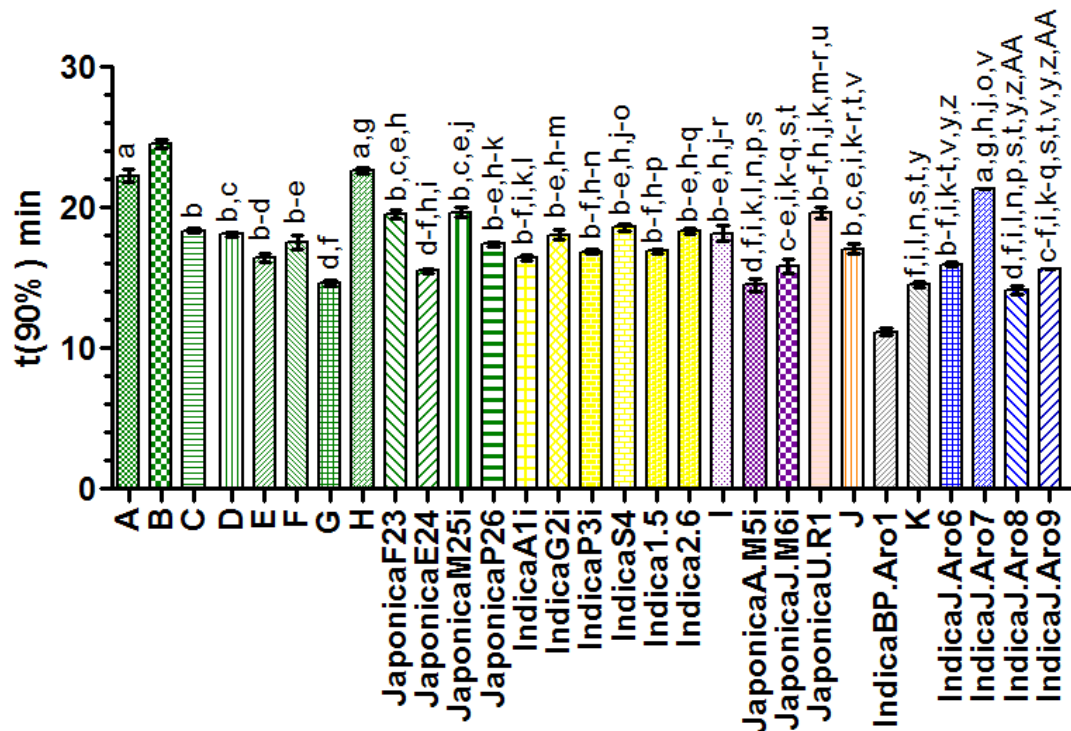
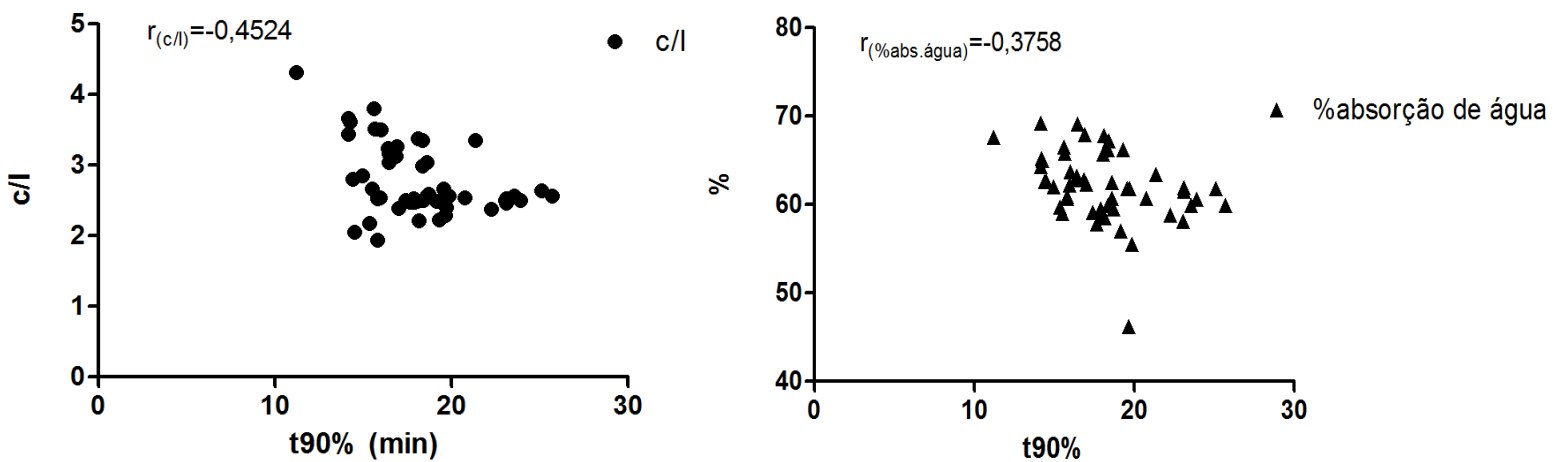


Figura 41 – Resultados obtidos para tempo de cozedura, em minutos, considerando que este corresponde ao tempo em que 90% dos grãos se encontram cozidos.

Os valores de  $t_{90\%}$  à partida são maioritariamente influenciados pelos componentes presentes em maior proporção, amido. No entanto, componentes presentes em menor quantidade como proteínas e lípidos também influenciam esta característica, geralmente levando a maiores tempos de cozedura. A presença de pontes dissulfureto das proteínas diminui a solubilidade na água, ou como podem estar complexadas aos grânulos de amido dificultam a penetração da água [43, 46]. Os lípidos, constituintes hidrofóbicos, dificultam de modo semelhante o processo de gelatinização [43, 69]. Por isso, o estudo da composição química das variedades seria relevante neste tipo de caracterização.

Analisando a correlação dos valores de  $t_{90\%}$  com os restantes parâmetros verifica-se que existe correlação negativa estatisticamente significativa com c/l e %absorção de água, com coeficientes de correlação de Pearson de -0,4524 e -0,3758, respetivamente. O que significa que quanto maior for a relação c/l, isto é mais comprido e mais fino forem os grãos, menor será o tempo necessário para o arroz cozer. Este tipo de grão é característico da subespécie *indica*. Quanto maior for a percentagem de água absorvida pela amostra no mesmo intervalo de tempo menores valores de  $t_{90\%}$  serão atingidos. Apesar da correlação com a %área gessada não ser estatisticamente significativa, é positiva uma vez que a grãos gessados têm presentes espaços de ar e uma estrutura mais desordenada o que poderá oferecer facilidade na difusão de água para o interior do grão [61], contudo os resultados obtidos não provam que esta correlação seja significativa.



**Figura 42** – Lado esquerdo: Correlação do coeficiente de Pearson entre  $t_{90\%}$  e relação c/l dos grãos de arroz. Lado direito: Correlação do coeficiente de Pearson entre  $t_{90\%}$  e %absorção de água dos grãos de arroz. As correlações são significativas estatisticamente para  $*p \leq 0,05$ .

Ao estudar as correlações entre  $t_{90\%}$  e os parâmetros de viscosidade, encontram-se correlações estatisticamente significativas com o breakdown (Bd) e com setback (SB). Os dados obtidos para  $t_{90\%}$  têm uma correlação positiva com Bd, com coeficiente de Pearson de 0,3432. Ou seja quanto maior o valor de Bd mais tempo será necessário para a amostra ficar cozida. A correlação encontrada com os valor de SB têm um coeficiente de correlação de Pearson de -0,3100, indicando que quanto maior o SB menores valores para tempos de gelatinização são obtidos. Valores maiores de Bd indicam que a desintegração dos grânulos de amido ocorre em grande escala. O que pode implicar maior intervalo de tempo necessário para um maior número de grânulos de amido expandirem por absorção da água traduzindo-se em tempos de cozedura maiores. Estudos de Nawaz *et al* corroboram estes dados, uma vez que demonstraram que em várias variedades de arroz para tempos de cozedura mais extensos demonstravam valores mais altos de breakdown e valores mais baixos para a vala e setback <sup>[45]</sup>.

#### 4.7. Arroz integral vs Arroz branqueado

De forma a comparar as diferenças notadas entre amostras da mesma variedade em estado integral (grão ao qual não foi removido o pericarpo) e estado branqueado, avaliaram-se os parâmetros de amostras em estado integral, nomeadamente características biométricas, tempo de cozedura e características de viscosidade.

Como a constituição física do grãos destes dois estados físicos é diferente, o seu sabor, textura e comportamento viscoso sofrerá algumas disparidades. O grão integral distingue-se visualmente por apresentar uma cor mais escura. E tal como mencionado na parte introdutória, o arroz integral é mais rico do ponto de vista nutricional, contendo maior percentagem de fibras, proteínas e vitaminas. Consequência da presença das camadas mais externas junto ao endosperma.

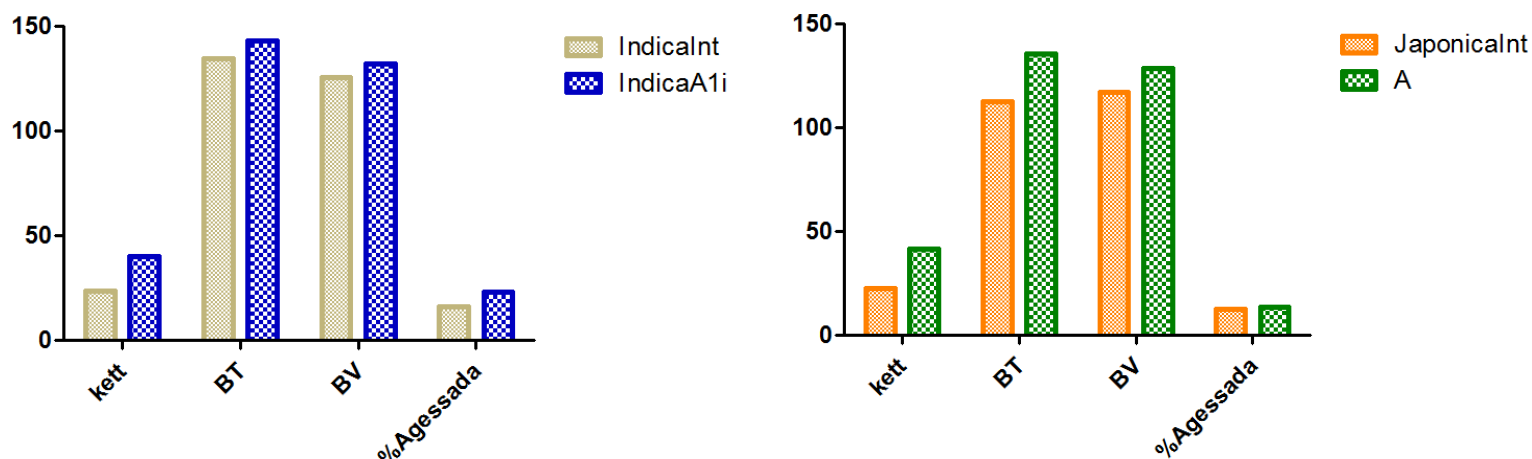


**Figura 43** – Diferença de aspeto visual entre arroz integral (lado esquerdo) e arroz branqueado (lado direito).

Tal como se verifica na tabela 7, no que toca às dimensões do grão notam-se ligeiras diferenças, sendo que no estado integral, o comprimento e a largura são tenuemente maiores, resultado de não ter sofrido polimento. O valor de humidade também não sofre grandes diferenças, sendo que nos grãos de arroz integral, a saída da água possa ser dificultada pela presença da película rica em fibras e proteínas e se obter um valor ligeiramente menor. Os resultados são apresentados comparando a amostra de arroz carolino integral “JaponicaInt” com o grupo A constituído por 3 amostras da mesma variedade em estado branqueado, designadamente “JaponicaA8”, “JaponicaA9” e “JaponicaA10”. E a amostra de arroz agulha integral “IndicaInt” com a amostra de arroz branqueado “IndicaA1i”.

**Tabela 7** - Apresentação dos dados das duas amostras de arroz integral em comparação com as mesmas variedades em arroz branqueado.

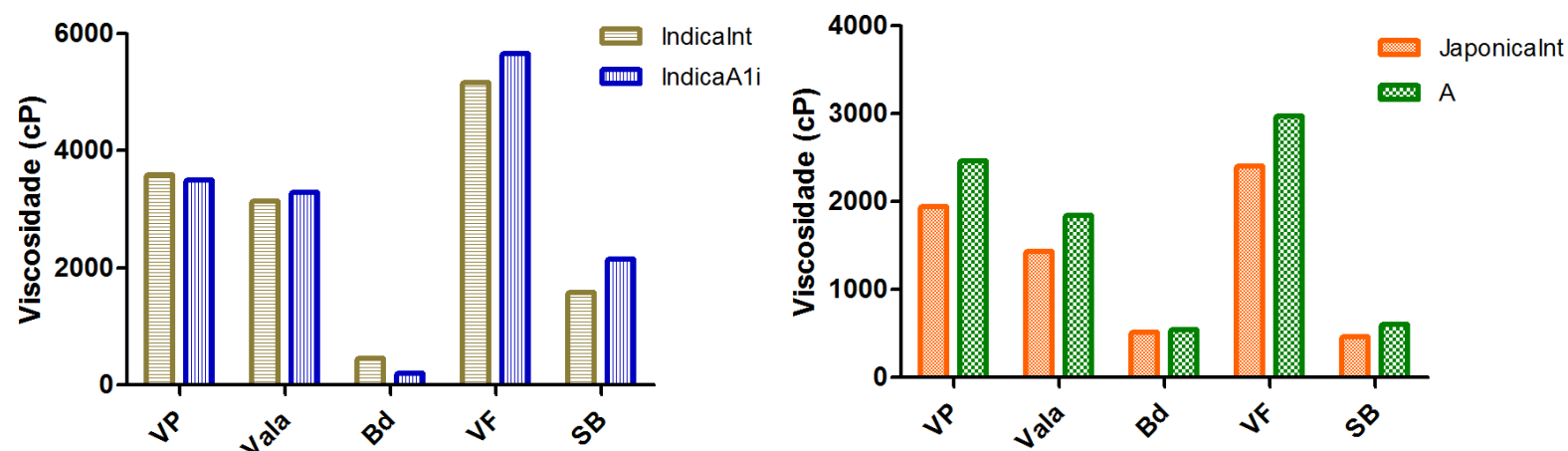
	JaponicaInt	Grupo A	IndicaInt	IndicaA1i
c (mm)	6,314	6,177	6,603	6,090
l (mm)	2,415	2,432	2,059	2,003
c/l	2,614	2,541	3,207	3,040
% humidade	11,17	12,76	11,06	12,33



**Figura 44** – Lado esquerdo: Resultados obtidos para os parâmetros kett, brancura total e vítrea e % área gessada para a amostra de arroz agulha integral “IndicalInt” em comparação com os dados da amostra “IndicaA1i”. Lado direito: Resultados obtidos para os parâmetros kett, brancura total e vítrea e % área gessada para a amostra de arroz carolino integral “JaponicalInt” em comparação com os dados das amostras do grupo A.

As características biométricas, kett, brancura total e vítrea e %área gessada, obtidas para as amostras de arroz integral encontram-se apresentadas na figura 44 em comparação com as amostras de arroz branqueado. Pela análise dos gráficos, verifica-se que para os parâmetros kett, BT e BV, os valores são sempre superiores no caso das amostras branqueadas. Como estas propriedades medem o grau de brancura do grão, é de esperar que as amostras que sofreram a remoção do pericarpo, camadas exteriores ao endosperma e ligeiramente mais escuras, sejam caracterizadas por um valor mais alto, dados corroborados por dados de literatura <sup>[70]</sup>. A %área gessada é o parâmetro no qual se nota menor diferença entre as amostras em estado integral e estado branqueado, apesar do valor ser menor no caso das amostras de arroz película. Para uma melhor compreensão da relação entre o grau de branqueamento e a influência nos valores destes parâmetros, era interessante estudar e comparar um maior número de amostras.

Quando são comparados os valores para os parâmetros de viscosidade entre as amostras, os resultados obtidos são os apresentados na figura 45. Pela análise dos resultados obtidos pode verificar-se que na maioria dos parâmetros, tanto para a amostra de agulha integral como para o carolino integral, os valores obtidos para estas são menores do que para as amostras de arroz branqueado. Como no arroz integral não são removidas as camadas do pericarpo, e são nestas camadas exteriores onde se encontram localizadas as proteínas e lípidos, a diferença na composição vai alterar as propriedades medidas pelo RVA <sup>[71]</sup>. A presença de proteínas e lípidos são dois constituintes que provocam alterações nas propriedades reológicas do arroz, ambos os compostos dificultam a absorção de água e a



**Figura 45** – Lado esquerdo: comparação dos resultados obtidos para os parâmetros de viscosidade entre a amostra de arroz agulha integral - “IndicaInt”, e a amostra de arroz branqueado “Indica A1i”. Lado direito: comparação dos resultados obtidos para os parâmetros de viscosidade entre a amostra de arroz carolino integral - “JaponicaInt”, e as amostras de arroz branqueado do grupo A. Tendo em consideração que VP – viscosidade do pico, Bd – Breakdown, Vf – viscosidade final e SB – Setback.

penetração destas moléculas nos grânulos de amido. Consequentemente leva a uma diminuição dos parâmetros de viscosidade [42, 43, 64]. Os estudos de Perdon *et al* verificam que o grau de polimento do arroz afeta as propriedades de pasting, principalmente a VP e VF. Nestes estudos concluiu que a VP é maior quanto maior o grau de branqueamento, já os dados de VF não resultaram em conclusões tão consistentes, notando um efeito não muito significativo entre amostras branqueadas e integrais [71]. Os dados apresentados na figura 45 para a amostra de arroz *japônica*, na amostra de arroz carolino (lado direito) mostra que os valores de VP são superiores no arroz branqueado, bem como os restantes parâmetros. Já na amostra de arroz *índica* a VP não apresenta essa relação, além dos valores entre as amostras ser muito próximo, o valor para a amostra “IndicaInt” é ligeiramente superior. Já os parâmetros VF e SB têm valores superiores para as amostras de arroz branqueado, o que pode ser causado pela maior libertação de moléculas de amilose, e consequentemente ocorre maior retrogradação.

No que toca ao tempo de cozedura, espera-se que as amostras de arroz integral apresentem valores de tempo de cozedura superiores. A presença das camadas exteriores ao endosperma funcionam como uma barreira e dificultam o acesso da água ao interior do grão de forma a ocorrer o processo de gelatinização (cozedura) [72]. O que necessitará de maior Tg e consequentemente maior intervalo de tempo para ocorrer.

Os resultados obtidos para os tempos de cozedura são apresentados na tabela 8, e à semelhança dos casos apresentados anteriormente, considerou-se tempo de cozedura o tempo necessário para que 90% dos grãos fiquem gelatinizados.

**Tabela 8** – Dados obtidos para  $t_{90\%}$  das amostras de arroz integral, e comparação com valores para amostras branqueadas da mesma variedade.

Código	$t_{90\%}$ (minutos)	Desvio-padrão
Indicalnt	23,597	0,596
IndicaA1i	16,469	0,315
Japonicalnt	25,028	0,173
Grupo A	18,396	0,459

Pela análise dos dados apresentados na tabela verifica-se que a amostra “Indicalnt” apresenta um valor para tempo de cozedura bem superior ao da amostra de arroz agulha branqueado. Isso também acontece no caso do arroz carolino integral, onde a amostra “Japonicalnt” apresenta um tempo de cozedura superior à mostra de carolino branqueado. À semelhança dos estudos de Marshall (1992) que demonstram que as camadas de farelo têm grande impacto no retardar a absorção da água e por isso afeta o intervalo de tempo necessário para os grãos gelatinizarem.

#### 4.8. Procedimentos do SGQ

Tal como mencionado na parte introdutória, um Sistema de Gestão da Qualidade (SGQ) é uma forma de controlar e padronizar os processos de forma a assegurar a qualidade. A implementação de um SGQ implica que vários documentos de suporte sejam desenvolvidos de forma a descrever os diferentes níveis que operam no controlo da qualidade, as funções e competências de cada entidade, os recursos necessários ao cumprimento dos requisitos estabelecidos ou quaisquer informações relacionadas com a forma de obter e controlar o processo para um produto conforme e seguro.

Uma vez que a Novarroz já tinha o seu SGQ bem implementado e desenvolvido, e além disso certificado. O trabalho a desenvolver é manter os documentos e informações associadas atualizadas e adaptadas às modificações que ocorrem na esfera que engloba a indústria agro-alimentar e em específico a indústria arroseira. O trabalho que tem de ser desenvolvido é a contínua a atualização dos procedimentos e/ou a criação de novos quando necessário. De forma a cumprir todos os requisitos das exigentes normas BRC e IFS pela quais a Novarroz é certificada.

Dessa forma uma parte mais teórica e documental relacionada com o SGQ foi executada em simultâneo à caracterização das variedades de arroz exposta nos pontos anteriores.

O departamento da qualidade (DQ) é responsável por toda e qualquer atividade que esteja relacionada com o cumprimento da política da empresa. A satisfação do cliente e a obtenção de um produto seguro e de qualidade são sempre dois grandes pilares. Assim, a

equipa do DQ tem de aplicar critérios que permitam a supervisão das diferentes etapas do processo de forma a obter a aprovação do produto final. As suas funções são abrangentes a todos os departamentos. Desta forma, foram desenvolvidas tarefas que envolveram o estagiário nas demais tarefas do DQ, que são descritas de seguida.

Atualização da informação que consta nos procedimentos é sempre importante, nesse sentido foram atualizados os procedimentos relacionados com as instalações da empresa uma vez que a planta desta sofreu alterações, bem como a linha de produção de arroz que também foi melhorada. É sempre de extrema importância que com a atualização dos procedimentos e sempre que surge alteração ou criação de instruções de trabalho, existam à posteriori, formações aos colaboradores responsáveis pela execução das mesmas.

No âmbito da Segurança, Higiene e Saúde no Trabalho (SHST) também foram realizadas algumas tarefas, tais como a criação de um folheto informativo com tópicos sobre a apresentação da empresa, política da empresa, instruções básicas de segurança e higiene a adotar no interior das instalações, normas de segurança, apresentação dos riscos e medidas preventivas e planta de emergência. Cujo o objetivo é distribuir pelos colaboradores e visitantes de forma a informar os indivíduos o comportamento a adotar para garantir a sua segurança, a segurança de terceiros e a atividade normal da empresa. Outros procedimentos foram criados/atualizados no tema de SHST, tais como (1) instruções sobre circulação de empilhadores, (2) instruções de trabalho em alturas, (3) procedimento em situações de emergência, (4) organização correta dos cacifos segundo Boas Práticas de higiene (BPH). A sensibilização dos trabalhadores, através de formações, para uso dos Equipamentos de Proteção Individual (EPIs), para cumprimento de regras básicas de higiene, pelo preenchimento de todos os registos, pela inspeção apertada ao produto de forma a que se existir defeito seja identificado dentro das instalações ou de como agir em casos de deteção de não conformidade, também tem de ser efetuada frequentemente.

Uma atividade também desenvolvida foi a elaboração de fichas técnicas do produto, tal como o nome indica são documentos onde o produto é descrito e as suas características são apresentadas. É uma ferramenta onde os padrões de qualidade são pré-estabelecidos, sejam eles relacionados com a microbiologia, contaminantes metálicos ou químicos, ou informações sobre tempo de cozedura, grau de humidade, dimensão do grão ou percentagem de defeitos admitida. Definem que características o produto tem de cumprir, uma vez que são as características que são apresentadas ao cliente que adquire o produto e pelas quais baseia a sua decisão.

Outro requisito que a empresa tem de cumprir é conseguir executar a rastreabilidade do produto. Isto é, conseguir estudar passo a passo e detalhadamente a história de um produto ou atividade. A partir de uma determinada informação do produto saber qual o seu percurso. Pode ser aplicado a partir do produto final até à matéria-prima (MP), ou mesmo a

montante da MP <sup>[73]</sup>. O importante é conseguir reunir as informações acerca do que o constitui, de onde veio, para onde foi, que características tem. A rastreabilidade tem início na identificação do produto a partir de informações básicas para o consumidor, como o número do lote, a data de produção ou o número da linha de produção. Informação sobre a MP, sobre o material de embalagem, sobre o local onde se armazena a MP, a linha onde foi produzido, ou as quantidades têm de ser informações passíveis de rastrear. A nível interno, a agregação sólida de todos os dados relativos ao que se produz é a chave para garantir a rastreabilidade. Um sistema capaz de informar detalhadamente a origem dos produtos que vende transmite maior confiança a quem compra.

Outra componente que fez parte desta abordagem ao SGQ foram atividades relacionadas com a parte ambiental. A Novarroz cumprindo a sua política, também age de forma consciente no que toca às consequências das suas atividades no ambiente, e escolhendo sempre um desenvolvimento sustentável. Dentro das responsabilidades ambientais que traça, a sensibilização dos colaboradores que acolhe diariamente é uma delas. Pelo que foram realizadas comunicações ambientais mensais (com os temas plástico, papel, água, energia, pilhas, medicamentos e economia circular) onde eram apresentados problemas relacionados com o ambiente e sugeridas as melhores formas de agir perante estes.

Numa altura em que a competitividade é grande, os custos que uma organização sofre assumem grande relevo na sua sobrevivência. Um desses casos é o custo energético, um bem essencial em qualquer atividade. Então é imperativo que a sua gestão seja feita da forma mais eficiente possível. Neste contexto, a contribuição executada foi a recolha dos dados dos kWh (quilowatt-hora) em vários setores. Para posteriormente se fazer o estudo das melhores alternativas com vista a diminuir o consumo e o custo energético. Houve igualmente contribuição da parte do estagiário em procedimentos inerentes à responsabilidade social, como o preenchimento de registos e indicadores de algumas das ações desempenhadas pela empresa no que toca a ofertas de arroz.

Faz parte do trabalho por detrás de um SGQ eficiente e competente disponibilizar ferramentas que melhorem a reunião da informação, a organização da mesma e o fluxo entre os níveis organizacionais necessários, de forma a alcançar a satisfação dos clientes. Seja esta satisfeita pelos atributos de qualidade, pela rapidez de resposta ou pela disponibilidade de diversas opções e conceitos.



## 5. Conclusões

Os valores de teor de humidade das amostras analisadas encontram-se entre 11,56% e 15,39%. As amostras de arroz vaporizado destacam-se com teores de humidade mais baixos, e as amostras de arroz agulha e arroz médio valores mais elevados. Existe uma correlação negativa estatisticamente significativa com comprimento do grão, indicando que quanto mais comprido o grão de arroz for, menor tende a sua humidade.

Quando analisada a dimensão dos grãos verifica-se que os grãos mais finos são os grãos de arroz basmati, este tipo de arroz é tipicamente fino e longo. Por outro lado, os grãos do arroz tipo Médio, Carolino e Risotto são tendencialmente mais largos que as restantes variedades. O comprimento e a largura são duas dimensões que apresentam uma correlação negativa, demonstrando que um grão mais largo será tendencialmente mais curto.

No geral as amostras de arroz do tipo Médio e Risotto são as que apresentam valores mais elevados de BT, BV e % área gessada. Em contrapartida, as amostras de arroz Vaporizado são as que têm valores mais baixos, uma vez que os grãos de arroz vaporizado têm uma tonalidade mais amarela, fruto do tratamento hidrotérmico a que foram submetidos. Como a área gessada está relacionada com a estrutura do amido, e nos grãos vaporizados a estrutura deste sofre alterações, causadas por temperaturas e pressões elevadas durante a imersão em água, a área gessada medida assume valores muito baixos. Os resultados demonstram que quando a BV apresenta valores mais reduzidos as amostras também apresentam valores reduzidos de BT e área gessada. O mesmo acontece quando o grão apresenta maior área gessada também apresenta maior grau de BT, por ser caracteristicamente um grão mais leitoso. Grãos mais largos e mais curtos também são tendencialmente mais gessados e caracterizados por um grau de BT maior. Sendo o *kett* uma medida de brancura do grão seria de esperar que as amostras de arroz do tipo Médio apresentassem valores de *kett* mais altos. Isto não se verifica na totalidade, o que pode ser justificado pelo facto de que a amostra colhida e analisada na cassete do colorímetro não seja homogénea e ter menor representatividade do número de grãos gessados.

Verifica-se que as maiores taxas de absorção de água tendem para as variedades da subespécie *índica*. Contudo, no geral não há diferenças relevantes nos valores da taxa de absorção de água das amostras, os valores encontram-se entre 46,25% a 69,24%, sendo a amostra de risotto a detentora do valor menor de absorção. Este parâmetro é influenciado pelas dimensões do grão, tendo uma correlação positiva com o comprimento e a com a relação c/l do grão, mas negativa com a largura.

As características de cozimento e palatabilidade do arroz são indicadores de extrema importância na avaliação da qualidade por parte do consumidor. O RVA é uma ferramenta muito usada para avaliar a qualidade do arroz uma vez que as curvas de viscosidade obtidas ajudam a prever as propriedades sensoriais. De forma geral, os valores de VP para as amostras da subespécie *índica* são inferiores aos da subespécie *japónica*. Variedades com

menor teor em amilose e maior em amilopectina terão tendência em apresentar valores mais altos de VP e maior extensão no inchaço dos grânulos. Tendo em consideração que outros fatores levam à diminuição do pico de viscosidade, como a presença de cadeias longas de amilopectina, presença de proteínas e/ou complexos entre a amilose e lípidos.

A Tp e o tp correlacionam-se positivamente. Pelos resultados obtidos não são notadas diferenças significativas entre as amostras para estes parâmetros. Contudo, amostras de arroz com grânulos de amido que incham rapidamente e com facilidade haverá tendência a que o pico seja atingido mais rápido e a temperaturas mais baixas.

A viscosidade mínima, *vala*, é atingida após a diminuição da viscosidade e pelos resultados obtidos não representa um parâmetro que facilite a compreensão das características do arroz cozido. Já o Bd é indicador da estabilidade da pasta de amido e da melhor palatabilidade do arroz, isto é, valores de Bd altos correspondem a pastas de amido instáveis mas são arrozes mais agradáveis ao paladar (pela maior extensão de desintegração dos grânulos). Sendo o grupo de amostras jasmim o que apresenta um valor mais elevado. De forma geral, as amostras da subespécie *japônica* apresentam valores mais altos de Bd. As amostras de arroz vaporizado são caracterizadas por valores de Bd muito baixos.

A VF está relacionada com a textura mais macia ou dura do arroz após cozedura, sendo por isso um parâmetro de relevo que ajuda em muito a caracterizar a qualidade do arroz. Por norma, amostras com teores de amilose mais elevados, típico da subespécie *índica*, apresentam valores mais altos de VF, o que se traduz em géis mais rígidos. Embora os resultados apresentados não apresentem diferenças notórias entre as amostras da subespécie *índica* e *japônica*, a amostra que se destaca pelo valor mais alto é da subespécie *índica*.

O SB avalia o fenómeno de retrogradação, que se traduz no endurecimento dos grãos de arroz durante o arrefecimento após cozedura. Os resultados expostos evidenciam que as amostras da subespécie *índica* apresentam valores superiores às amostras *japônica* que pode ser justificado pelo maior número de cadeias de amilose presentes, nesta subespécie, que se reorganizam e levam à maior retrogradação.

Um ensaio de RVA possibilita que: - avaliando a consistência do gel no final do teste se perceba se se trata de um arroz de textura mais dura ou mais macia; - avaliando os valores de SB seja possível prever a dureza do arroz com a qual se relaciona positivamente, e a textura pegajosa, uma vez que se correlaciona negativamente.

O tempo de cozedura é outra característica de extrema importância na avaliação da qualidade de uma amostra. As amostras de arroz basmati são as que apresentam valores mais baixos.

Os parâmetros que caracterizam as diferentes amostras nem sempre se comportam da mesma forma e há vários fatores que influenciam e levam a comportamentos muito

específicos para cada variedade. Pelo que a interpretação dos parâmetros nunca deve ser feita individualmente mas sempre tendo em conta os vários parâmetros e os diversos fatores que podem provocar alterações.

Num panorama geral, observou-se que as amostras de vaporizado tiveram os valores mais baixos de teor de humidade, e também dos parâmetros BT, BV e % área gessada. O perfil de viscosidade deste tipo de arroz é muito diferente dos restantes, consequência das alterações que a estrutura de amido sofre, resultado do processo hidrotérmico. O arroz basmati é o tipo de arroz que apresenta os grãos mais finos e curtos e pela sua relação c/l elevada e consequente grande área de contacto, apresenta valores de tempo de cozedura ( $t_{90\%}$ ) baixos. Amostras de arroz médio e risotto são caracteristicamente largos e curtos e com valores de BT, BV e % área gessada elevados. Ainda foi possível verificar que amostras da subespécie *índica* apresentam valores de taxas de absorção de água e valores de SB superiores às amostras da subespécie *japónica*. Enquanto o contrário acontece para os valores de VP e Bd onde as amostras da subespécie *japónica* apresentam tendencialmente valores mais elevados, apesar das amostras de jasmim serem detentoras do valor mais elevado.

Quando duas amostras de arroz no estado integral e branqueado são comparadas observam-se diferenças visualmente perceptíveis e que influenciam o seu comportamento durante o processamento. Amostras de arroz integral são visualmente mais escuras e apresentam valores de BT, BV, área gessada e kett menores do que os valores para a amostra branqueada. A presença dos constituintes do pericarpo influenciam o comportamento viscoso do arroz e o que se verifica é que em geral há um decréscimo dos valores dos diferentes parâmetros de viscosidade nas amostras de integral. O tempo de cozedura também é maior no caso das amostras de arroz integral.

Um SGQ permite controlar e padronizar os processos de forma a assegurar a qualidade. Este tem de estar em contínuo acompanhamento, avaliação e adaptação. A atualização de procedimentos, a constante comunicação das alterações e de informação aos colaboradores sobre novos conceitos ou relembrar os já existentes, a elaboração de fichas técnicas do produto, a manutenção e atualização da base de dados que permite realizar a rastreabilidade são tarefas de extrema importância que fazem parte da meta Qualidade e do seu Sistema de Gestão.

Em suma, fazer parte do departamento de qualidade é saber caracterizar o produto que se fabrica, é saber avaliar o seu processo, é identificar anomalias e resolver não conformidades, é auxiliar e ligar todos os departamentos, é manter um SGQ eficaz e capaz de obter um produto conforme, seguro e de qualidade. Avaliando as características do produto através do estudo de diferentes parâmetros auxiliar na melhor escolha para cada mercado, ou substituir variedades pela opção mais semelhante, ajudar a comparar amostras,

definir as características que se pretendem obter no produto final. Tendo sempre em consideração que cada colheita anual tem as suas características e que estas são influenciadas por diferentes fatores, podendo resultar em variedades distintas de ano para ano, o que revela que esta caracterização e avaliação têm de ser contínuas.

Este estudo permitiu à empresa reunir um conjunto de dados que caracterizam as diferentes variedades que recebeu. Esta caracterização torna-se essencial e uma ferramenta chave para compreender melhor a MP, processá-la da melhor forma e poder prever o seu comportamento como produto final. A nível pessoal permitiu adquirir uma panóplia de conhecimentos teóricos e práticos aplicados na indústria arroseira, e no funcionamento de um SGQ e todas as funções a si associado numa agro-indústria. De forma a enriquecer este trabalho, seria importante o estudo da composição nutricional das diferentes variedades, nomeadamente a quantificação do teor de amilose, rácio amilose/amilopectina, teor proteico e lipídico. Esta avaliação iria permitir uma melhor compreensão da influência destes fatores no perfil de viscosidade e no processo de cozedura das diferentes variedades, uma vez que a literatura menciona o efeito destes fatores. Outra abordagem interessante, seria fazer uma análise/recolha das características do solo e clima das zonas de onde o arroz provém, de forma a estudar a influência dessas características no perfil de viscosidade das variedades.

## Referências

1. International Rice Research Institute (IRRI). Strategic Plan 2017-2025.**1960** [cited 2018 12-11]; Available from: <http://irri.org/strategy#situational>.
2. Khush, G.S., Origin, dispersal, cultivation and variation of rice. *Plant Mol Biol*.**1997**. 35(1-2): p. 25-34.
3. AMIS, Supply and Demand Overview.**2011** [cited 2019 26-06]; Available from: <https://app.amis-outlook.org/#/market-database/supply-and-demand-overview>.
4. V. Nguyen, N., Global Climate Changes and Rice Food Security.**2002**.
5. Statista, Principal rice importing countries worldwide in 2017/2018. [cited 2018 30-11]; Available from: <https://www.statista.com/statistics/255948/top-rice-exporting-countries-worldwide-2011/>.
6. Agronegocios, O Arroz na Europa.**2011** [cited 2018 30-11]; Available from: <http://www.agronegocios.eu/noticias/o-arroz/>.
7. INE, Consumo humano de arroz branqueado e semibranqueado per capita (kg/ hab.) por comprimento do grão; Anual - INE, balanços de aprovisionamento de produtos vegetais.**2018** [cited 2018 30-11]; Available from: [https://www.ine.pt/xportal/xmain?xpid=INE&xpgid=ine\\_indicadores&indOcorrCod=0000186&contexto=bd&selTab=tab2](https://www.ine.pt/xportal/xmain?xpid=INE&xpgid=ine_indicadores&indOcorrCod=0000186&contexto=bd&selTab=tab2).
8. Kennedy, G. and B. Burlingame, Analysis of food composition data on rice from a plant genetic resources perspective. *Food Chemistry*.**2003**. 80(4): p. 589-596.
9. Kasai, M., et al., Quantitative NMR imaging study of the cooking of Japonica and Indica rice. *Food Research International*.**2007**. 40(8): p. 1020-1029.
10. Vaughan, D.A., B.-R. Lu, and N. Tomooka, The evolving story of rice evolution. *Plant science*.**2008**. 174(4): p. 394-408.
11. Juliano, B.O., Rice in human nutrition. International Rice Research Institute.**1993**
12. Huang, X., et al., A map of rice genome variation reveals the origin of cultivated rice. *Nature*.**2012**. 490(7421): p. 497.
13. Molina, J., et al., Molecular evidence for a single evolutionary origin of domesticated rice. *Proceedings of the National Academy of Sciences*.**2011**. 108(20): p. 8351-8356.
14. Oko, A. and N. Dambaba, Rice cooking quality and physico-chemical characteristics: a comparative analysis of selected local and newly introduced rice varieties in Ebonyi State, Nigeria. *Food and Public Health*.**2012**. 2(1): p. 43-49.
15. Yoshida, S., Fundamentals of rice crop science. International Rice Research Institute.**1981**.
16. Silva, M.V. e, A cultura do arroz. Livraria Clássica.**1983**.
17. Guimarães, C.M., N.K. Fageria, and M.P. Barbosa Filho, Como a planta de arroz se desenvolve. *Informações Agronômicas*, Piracicaba.**2002**(99).

18. Novarroz. Mundo do Arroz - A produção de arroz em Portugal. [cited 2019 01-01]; Available from: <http://novarroz.pt/pt/mundo-do-arroz/arroz-em-portugal/1-a-producao-de-arroz-em-portugal>.
19. Brites, C. and D. Lourenço, Arroz, um alimento saudável. Benefícios, riscos e mecanismos de promoção nutricional.
20. Walter, M., E. Marchezan, and L.A.d. Avila, Arroz: composição e características nutricionais. *Ciência Rural*.**2008**. 38(4).
21. Bardenas, E.A. and T.-T. Chang, Morphology and Varietal Characteristics of the Rice Plant, The. International Rice Research Institute.**1965**.
22. República, D.d., Decreto-Lei nº157/2017, in *1ª série - Nº248*. 28 dezembro de 2017.
23. Sareepuang, K., et al., Effect of soaking temperature on physical, chemical and cooking properties of parboiled fragrant rice. *World Journal of Agricultural Sciences*.**2008**. 4(4): p. 409-415.
24. Science, L. Brown rice: health benefits and nutrition facts.**2018** [cited 2019 12-01]; Available from: <https://www.livescience.com/50461-brown-rice-health-benefits-nutrition-facts.html>.
25. Ghanbarzadeh, B. and H. Almasi, Biodegradable polymers, in Biodegradation-life of science. InTech.**2013**.
26. Ong, M. and J. Blanshard, Texture determinants in cooked, parboiled rice. I: Rice starch amylose and the fine structure of amylopectin. *Journal of Cereal Science*.**1995**. 21(3): p. 251-260.
27. Simsek, S., K. Whitney, and J.-B. Ohm, Analysis of cereal starches by high-performance size exclusion chromatography. *Food Analytical Methods*.**2013**. 6(1): p. 181-190.
28. Bosaeus, I., Fibre effects on intestinal functions (diarrhoea, constipation and irritable bowel syndrome). *Clinical Nutrition Supplements*.**2004**. 1(2): p. 33-38.
29. Agboola, S., D. Ng, and D. Mills, Characterisation and functional properties of Australian rice protein isolates. *Journal of cereal science*.**2005**. 41(3): p. 283-290.
30. Singh, N., et al., Morphological, thermal and rheological properties of starches from different botanical sources. *Food chemistry*.**2003**. 81(2): p. 219-231.
31. Paine, J.A., et al., Improving the nutritional value of Golden Rice through increased pro-vitamin A content. *Nature biotechnology*.**2005**. 23(4): p. 482.
32. Chen, H.H., Y.K. Chen, and H.C. Chang, Evaluation of physicochemical properties of plasma treated brown rice. *Food Chemistry*.**2012**. 135(1): p. 74-79.
33. Instituto Nacional Ricardo Jorge, Tabela composição alimentos - Arroz integral comum e Arroz comum cru.**1899** [cited 2019 01-07]; Available from:



- <http://www2.insa.pt/sites/INSA/Portugues/AreasCientificas/AlimentNutricao/AplicacoesOnline/TabelaAlimentos/PesquisaOnline/Paginas/ListaAlfabetica.aspx>.
34. Pinto, C., Caracterização e aproveitamento tecnológico de variedades de arroz autóctone de Timor-Leste, in *Engenharia Alimentar*. Instituto Superior de Agronomia Universidade Técnica de Lisboa.**2009**, p. 111.
  35. Novarroz. Variedades. [cited 2019 01-07]; 2019]. Available from: <http://www.novarroz.pt/pt/variedades-de-arroz>.
  36. Bao, J., M. Sun, and H. Corke, Analysis of genotypic diversity in starch thermal and retrogradation properties in nonwaxy rice. *Carbohydrate polymers*. **2007**. 67(2): p. 174-181.
  37. Lii, C.-Y., M.-L. Tsai, and K.-H. Tseng, Effect of amylose content on the rheological property of rice starch. *Cereal chemistry*.**1996**. 73(4): p. 415-420.
  38. Iida, Y., et al., Control of viscosity in starch and polysaccharide solutions with ultrasound after gelatinization. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*.**2008**. 9(2): p. 140-146.
  39. Denardin, C.C. and L.P.d. Silva, Starch granules structure and its regards with physicochemical properties. *Ciência rural*.**2009**. 39(3): p. 945-954.
  40. Jacobs, H. and J.A. Delcour, Hydrothermal modifications of granular starch, with retention of the granular structure: A review. *Journal of agricultural and food chemistry*.**1998**. 46(8): p. 2895-2905.
  41. Nelles, E., et al., Maize starch biphasic pasting curves. *Journal of Cereal Science*.**2000**. 31(3): p. 287-294.
  42. Martin, M. and M. Fitzgerald, Proteins in rice grains influence cooking properties! *Journal of Cereal Science*.**2002**. 36(3): p. 285-294.
  43. Zhou, Z., et al., Composition and functional properties of rice. *International journal of food science & technology*.**2002**. 37(8): p. 849-868.
  44. Champagne, E.T., et al., Correlation Between Cooked Rice Texture and Rapid Visco Analyser Measurements. *Cereal Chemistry*.**1999**. 76(5): p. 764-771.
  45. Nawaz, M.A., S. Fukai, and B. Bhandari, Effect of Different Cooking Conditions on the Pasting Properties of Flours of Glutinous Rice Varieties from Lao People's Democratic Republic. *International Journal of Food Properties*.**2016**. 19(9): p. 2026-2040.
  46. Fitzgerald, M., et al., Viscosity of rice flour: A rheological and biological study. *Journal of agricultural and food chemistry*.**2003**. 51(8): p. 2295-2299.
  47. Copeland, L., et al., Form and functionality of starch. *Food Hydrocolloids*.**2009**. 23(6): p. 1527-1534.
  48. Zaidul, I.S.M., et al., RVA study of mixtures of wheat flour and potato starches with different phosphorus contents. *Food Chemistry*.**2007**. 102(4): p. 1105-1111.

49. Novarroz. Quem somos. [cited 2019 01-13]; Available from: <http://www.novarroz.pt/pt/quem-somos>.
50. Organização Internacional da Normalização, Sistemas de gestão da qualidade - Fundamentos e vocabulário (ISO 9000:2015). **2015**.
51. Toledo, J.C.d., M.O. Batalha, and D.C. Amaral, Qualidade na indústria agroalimentar: situação atual e perspectivas. *Revista de Administração de Empresas*.**2000**. 40(2): p. 90-101.
52. Instituto Português da Qualidade, Normalização.**1977**; Available from: <http://www1.ipq.pt/PT/Normalizacao/Pages/Normalizacao.aspx>.
53. International, A., Determination of the Pasting Properties of Rice with the Rapid Visco Analyser Final. Approved Methods of Analysis.**1999**.
54. International, A., Moisture - Air-Oven Methods. Approved Methods of Analysis.**1999**.
55. Meullenet, J.F., et al., Sensory quality of cooked long-grain rice as affected by rough rice moisture content, storage temperature, and storage duration. *Cereal chemistry*.**2000**. 77(2): p. 259-263.
56. Genkawa, T., et al., Development of a low-moisture-content storage system for brown rice: storability at decreased moisture contents. *Biosystems engineering*.**2008**. 99(4): p. 515-522.
57. Alizadeh, M.R., A. Dabaghi, and F. Rahimi Ajdadi, Effect of final paddy moisture content on breaking force and milling properties of rice varieties. *Vol. 36*. **2011**. 3186-3189.
58. Fan, C., et al., *GS3, a major QTL for grain length and weight and minor QTL for grain width and thickness in rice, encodes a putative transmembrane protein*. *Theoretical and Applied Genetics*.**2006**. 112(6): p. 1164-1171.
59. Koutroubas, S.D., et al., Grain quality variation and relationships with morpho-physiological traits in rice (*Oryza sativa* L.) genetic resources in Europe. *Field Crops Research*.**2004**. 86(2-3): p. 115-130.
60. Patindol, J. and Y.-J. Wang, Fine structures and physicochemical properties of starches from chalky and translucent rice kernels. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*.**2003**. 51(9): p. 2777-2784.
61. Singh, N., et al., Physico-chemical, morphological, thermal, cooking and textural properties of chalky and translucent rice kernels. *Food chemistry*.**2003**. 82(3): p. 433-439.
62. Ali, S.Z. and K. Bhattacharya, Research note pasting behaviour of parboiled rice. *Journal of Texture Studies*.**1980**. 11(3): p. 239-246.

63. Chung, H.-J., et al., Relationship between the structure, physicochemical properties and in vitro digestibility of rice starches with different amylose contents. *Food Hydrocolloids*.**2011**. 25(5): p. 968-975.
64. Pracham, S. and S. Thaiudom, The effect of protein content in jasmine rice flour on textural and rheological properties of jasmine rice pudding. *International Food Research Journal*.**2016**. 23(4).
65. Matsue, Y., H. Sato, and Y. Uchimura, The Palatability and Physicochemical Properties of Milled Rice for Each Grain-Thickness Group. *Plant Production Science*.**2001**. 4(1): p. 71-76.
66. Shafie, B., et al., Characterization and classification of whole-grain rice based on rapid visco analyzer (RVA) pasting profile. *International Food Research Journal*.**2016**. 23(5).
67. Lin, Q., et al. Studies on the pasting and rheology of rice starch with different protein residual. in *International Conference on Computer and Computing Technologies in Agriculture*. Springer.**2009**.
68. Juliano, B.O. and C. Villareal, Grain quality evaluation of world rices. *International Rice Research Institute*.**1993**.
69. Wani, A.A., et al., Rice starch diversity: Effects on structural, morphological, thermal, and physicochemical properties—A review. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*.**2012**. 11(5): p. 417-436.
70. Juliano, B.O., C.M. Perez, and M. Kaosa-ard, Grain quality characteristics of export rice in selected markets. *Consumer Demand for Rice Grain Quality*.**1992**: p. 221-234.
71. Perdon, A., et al., Degree of milling effects on rice pasting properties. *Cereal chemistry*.**2001**. 78(2): p. 205-209.
72. Marshall, W.E., Effect of degree of milling of brown rice and particle size of milled rice on starch gelatinization. *Cereal Chemistry*.**1992**. 69: p. 632-632.
73. Regattieri, A., M. Gamberi, and R. Manzini, Traceability of food products: General framework and experimental evidence. *Journal of Food Engineering*.**2007**. 81(2): p. 347-356.

## 6. Anexos

### A- Parâmetros avaliados

#### A.1-Brancura total, vítrea, %área gessada e kett

Código	Brancura vítrea	Brancura Total	Área Gessada	Kett 1	kett2	kett3	Kett médio	Desvio-padrão
IndicaA1i	131,81	142,83	22,87	39,9	39,8	39,9	39,9	0,058
IndicaG2i	127,50	135,00	14,70	40,1	40,1	40,0	40,1	0,058
IndicaP3i	120,70	135,50	11,10	40,9	40,9	40,9	40,9	0,000
IndicaS4	136,69	129,57	11,28	41,5	41,3	41,4	41,4	0,100
Indica1.5	130,24	135,63	9,41	40,1	40,1	40,2	40,1	0,058
Indica2.6	127,29	133,51	12,77	40,2	40,2	40,3	40,2	0,058
IndicaV1	117,70	120,70	5,20	24,7	24,8	24,7	24,7	0,058
IndicaV2	116,70	120,20	5,30	25,4	25,5	25,4	25,4	0,058
IndicaV3	102,00	117,00	5,12	23,9	23,9	23,9	23,9	0,000
IndicaBP.Aro1	126,58	136,92	20,39	36,5	36,6	36,4	36,5	0,100
IndicaSK.Aro2	126,50	132,70	10,60	39,2	39,2	39,1	39,2	0,058
IndicaSK.Aro3	128,29	134,38	10,25	37,2	37,2	37,3	37,2	0,058
IndicaSK.Aro4	129,61	135,84	10,82	40,1	40,1	40,2	40,1	0,058
IndicaSK.Aro5	125,91	132,07	9,95	37,4	37,3	37,4	37,4	0,058
IndicaJ.Aro6	126,90	132,90	12,10	40,5	40,6	40,4	40,5	0,100
IndicaJ.Aro7	127,50	133,70	11,00	38,6	38,6	38,7	38,6	0,058
IndicaJ.Aro8	131,91	139,04	13,10	47,7	47,7	47,6	47,7	0,058
IndicaJ.Aro9	130,45	137,55	12,27	41,4	41,5	41,3	41,4	0,100
IndicaInt	125,58	134,62	16,19	23,6	23,7	23,7	23,7	0,058

Código	Brancura vítrea	Brancura Total	Área Gessada	Kett 1	kett2	kett3	Kett médio	Desvio-padrão
JaponicaL1	130,22	137,42	14,63	42,7	42,7	42,7	42,7	0,000
JaponicaL2	127,62	134,96	14,41	42,5	42,6	42,3	42,5	0,153
JaponicaL3	131,57	139,08	16,61	41,8	42,1	42,1	42,0	0,173
JaponicaL4i	127,83	141,34	29,48	45,1	45,3	45,0	45,1	0,153
JaponicaL5i	130,10	137,90	18,02	45,3	45,3	45,2	45,3	0,058
JaponicaL6i	131,71	139,87	21,01	45,4	45,5	45,4	45,4	0,058
JaponicaL7i	132,68	141,84	16,95	46,4	46,5	46,4	46,4	0,058
JaponicaA8	130,64	137,88	14,44	41,8	41,6	41,9	41,8	0,153
JaponicaA9	125,55	132,24	12,47	41,0	41,0	41,0	41,0	0,000
JaponicaA10	129,55	136,49	14,09	41,8	41,7	41,8	41,8	0,058
JaponicaT11	125,64	130,66	9,24	40,2	40,2	40,3	40,2	0,058
JaponicaT12	128,98	136,04	12,65	41,3	41,3	41,2	41,3	0,058
JaponicaT13	128,62	134,46	11,47	40,5	40,5	40,4	40,5	0,058
JaponicaO14	128,37	134,59	11,43	41,9	41,9	41,8	41,9	0,058
JaponicaO15	130,13	136,51	12,91	41,8	41,8	41,9	41,8	0,058
JaponicaN16	132,15	139,39	16,19	40,1	40,1	40,0	40,1	0,058
JaponicaN17	129,67	136,63	13,47	40,0	40,0	40,1	40,0	0,058

JaponicaN18	127,48	133,02	10,83	41,3	41,4	41,3	41,3	0,058
JaponicaAr19	124,93	135,71	17,81	40,7	40,7	40,8	40,7	0,058
JaponicaAr20	128,08	135,98	15,12	41,7	41,7	41,6	41,7	0,058
JaponicaR21	129,34	141,03	20,06	44,2	44,2	44,2	44,2	0,000
JaponicaR22	126,11	142,68	24,53	40,8	40,7	40,8	40,8	0,058
JaponicaF23	131,59	144,39	19,88	43,8	43,7	43,8	43,8	0,058
JaponicaE24	129,12	137,45	16,63	42,5	42,5	42,6	42,5	0,058
JaponicaM25i	126,20	155,81	50,93	49,4	49,4	49,5	49,4	0,058
JaponicaP26	127,97	137,50	14,18	41,8	41,8	41,7	41,8	0,058
JaponicaG.M1	128,74	145,25	31,13	42,9	42,6	43,1	42,9	0,252
JaponicaG.M2i	130,49	135,87	11,71	41,9	41,8	42,1	41,9	0,153
JaponicaG.M3	130,26	139,58	20,01	40,6	40,7	40,5	40,6	0,100
JaponicaGm.M4i	127,11	133,76	5,66	42,9	42,8	43,0	42,9	0,100
JaponicaA.M5i	124,93	152,86	25,70	40,8	40,7	41,0	40,8	0,153
JaponicaJ.M6i	127,47	150,23	13,96	47,4	47,8	48,0	47,7	0,306
JaponicaU.R1	124,93	142,33	34,18	45,4	45,6	45,3	45,4	0,153
JaponicaInt	117,00	112,39	12,70	22,4	22,5	22,7	22,5	0,153

## A.2- Humidade e taxa de absorção de água

Código	Humidade	Absorção de água (g) t=14 min %	Absorção de água (g) t=14 min %	Média dos ensaios %absorção de água	Desvio- padrão
IndicaA1i	12,33	68,67	69,64	69,15	0,69
IndicaG2i	13,17	67,78	67,92	67,85	0,10
IndicaP3i	14,39	61,92	63,75	62,84	1,29
IndicaS4	14,07	63,60	61,50	62,55	1,48
Indica1.5	14,36	67,77	67,97	67,87	0,14
Indica2.6	14,28	66,11	66,39	66,25	0,20
IndicaV1	11,63	60,08	59,70	59,89	0,27
IndicaV2	12,52	63,80	62,72	63,26	0,76
IndicaV3	11,67	62,70	62,85	62,78	0,10
IndicaBP.Aro1	11,91	67,96	67,34	67,65	0,44
IndicaSK.Aro2	13,68	66,53	66,54	66,53	0,00
IndicaSK.Aro3	13,45	63,56	65,00	64,28	1,02
IndicaSK.Aro4	13,48	65,25	65,13	65,19	0,09
IndicaSK.Aro5	12,94	65,65	64,32	64,98	0,94
IndicaJ.Aro6	13,10	63,77	63,67	63,72	0,07
IndicaJ.Aro7	14,15	63,14	63,64	63,39	0,35
IndicaJ.Aro8	13,33	69,33	69,16	69,24	0,12
IndicaJ.Aro9	13,16	65,32	66,33	65,82	0,71

Código	Humidade	Absorção de água (g) t=14 min %	Absorção de água (g) t=14 min %	Média dos ensaios %absorção de água	Desvio- padrão
JaponicaL1	13,38	62,17	61,57	61,87	0,43
JaponicaL2	12,45	59,20	57,09	58,14	1,50
JaponicaL3	11,96	60,46	61,04	60,75	0,42
JaponicaL4i	13,67	59,89	59,93	59,91	0,03
JaponicaL5i	14,43	62,00	61,72	61,86	0,20
JaponicaL6i	13,71	59,27	60,65	59,96	0,97
JaponicaL7i	13,39	60,28	60,92	60,60	0,45
JaponicaA8	11,56	61,01	57,95	59,48	2,16
JaponicaA9	12,77	59,46	59,62	59,54	0,12
JaponicaA10	13,95	61,11	60,30	60,71	0,57
JaponicaT11	13,14	67,43	67,09	67,26	0,24
JaponicaT12	13,37	58,24	58,96	58,60	0,51
JaponicaT13	13,56	65,28	66,10	65,69	0,58
JaponicaO14	13,29	61,98	62,58	62,28	0,42
JaponicaO15	14,34	61,95	62,42	62,18	0,33
JaponicaN16	13,97	55,56	58,43	56,99	2,03
JaponicaN17	13,07	57,83	57,72	57,78	0,08
JaponicaN18	14,00	60,00	61,43	60,72	1,01
JaponicaAr19	15,39	62,32	62,86	62,59	0,38
JaponicaAr20	14,40	61,57	62,45	62,01	0,62
JaponicaR21	13,30	62,00	61,07	61,54	0,65
JaponicaR22	14,21	60,00	57,66	58,83	1,65
JaponicaF23	13,69	63,14	60,43	61,79	1,92
JaponicaE24	13,92	58,78	59,32	59,05	0,38
JaponicaM25i	12,81	61,84	61,86	61,85	0,02
JaponicaP26	14,39	59,29	59,01	59,15	0,19
JaponicaG.M1	12,55	58,58	60,93	59,76	1,66
JaponicaG.M2i	14,55	55,60	55,46	55,53	0,10
JaponicaG.M3	14,77	65,61	66,77	66,19	0,82
JaponicaGm.M4i	12,94	58,65	58,40	58,53	0,17
JaponicaA.M5i	13,87	61,99	63,22	62,61	0,87
JaponicaJ.M6i	14,35	59,93	61,89	60,91	1,38
JaponicaU.R1	12,90	45,87	46,64	46,25	0,55

## A.3- Dimensões do grão

Código	Comprimento (mm)	Largura (mm)	C/L
IndicaA1i	6,090	2,003	3,040
IndicaG2i	6,967	2,066	3,372

IndicaP3i	6,290	2,009	3,131
IndicaS4	5,915	2,007	2,947
Indica1.5	6,464	1,978	3,268
Indica2.6	6,084	2,036	2,988
IndicaV1	6,932	2,069	3,350
IndicaV2	6,932	2,141	3,238
IndicaV3	6,458	2,040	3,166
IndicaBP.Aro1	7,893	1,827	4,320
IndicaSK.Aro2	6,891	1,812	3,803
IndicaSK.Aro3	6,415	1,748	3,670
IndicaSK.Aro4	6,438	1,770	3,637
IndicaSK.Aro5	6,263	1,735	3,610
IndicaJ.Aro6	7,018	2,004	3,502
IndicaJ.Aro7	6,760	2,018	3,350
IndicaJ.Aro8	6,699	1,948	3,439
IndicaJ.Aro9	6,795	1,935	3,512
IndicaInt	6,603	2,059	3,207

<b>Código</b>	<b>Comprimento (mm)</b>	<b>Largura (mm)</b>	<b>C/L</b>
JaponicaL1	6,042	2,389	2,529
JaponicaL2	6,074	2,425	2,505
JaponicaL3	6,207	2,441	2,543
JaponicaL4i	6,322	2,467	2,563
JaponicaL5i	6,403	2,426	2,639
JaponicaL6i	6,181	2,409	2,566
JaponicaL7i	6,084	2,435	2,499
JaponicaA8	6,157	2,489	2,474
JaponicaA9	6,049	2,337	2,588
JaponicaA10	6,324	2,470	2,560
JaponicaT11	5,929	2,409	2,461
JaponicaT12	6,118	2,424	2,524
JaponicaT13	6,107	2,453	2,490
JaponicaO14	6,341	2,653	2,390
JaponicaO15	6,538	2,579	2,535
JaponicaN16	6,281	2,518	2,494
JaponicaN17	6,182	2,493	2,480
JaponicaN18	6,431	2,541	2,531
JaponicaAr19	6,254	2,229	2,806
JaponicaAr20	6,099	2,136	2,855
JaponicaR21	5,991	2,469	2,426
JaponicaR22	5,761	2,555	2,255

JaponicaF23	5,896	2,284	2,581
JaponicaE24	6,236	2,339	2,666
JaponicaM25i	6,383	2,660	2,400
JaponicaP26	5,857	2,438	2,402
JaponicaG.M1	5,554	2,558	2,171
JaponicaG.M2i	6,048	2,357	2,566
JaponicaG.M3	5,600	2,513	2,228
JaponicaGm.M4i	5,432	2,456	2,212
JaponicaA.M5i	5,508	2,684	2,052
JaponicaJ.M6i	5,344	2,754	1,940
JaponicaU.R1	5,950	2,601	2,288
JaponicaInt	6,314	2,415	2,614

## A.4- Parâmetros de viscosidade

Código	Pico	Vala	Breakdown	Viscosidade final (cP)	Setback	Tempo do pico	Pasting Temperature (°C)
IndicaA1i	3499,00±54,90	3294,50±60,10	204,50±0,71	5653,50±40,31	2154,50±19,09	6,23±0,05	86,20±0,07
IndicaG2i	2478,50±31,82	2098,50±21,92	380,00±9,90	3491,50±60,10	1013,00±28,28	6,33±0,00	81,88±0,67
IndicaP3i	2286,50±6,36	1602,00±29,70	684,50±36,06	2775,00±9,90	488,50±3,54	6,23±0,05	80,30±0,57
IndicaS4	2085,50±2,12	1611,00±24,04	474,50±21,92	2805,00±8,49	719,50±6,36	6,33±0,00	90,18±0,04
Indica1.5	1820,67±54,00	1476,00±41,58	344,67±28,92	2448,00±48,50	627,33±26,54	6,40±0,07	89,87±0,45
Indica2.6	1938,00±15,56	1372,00±7,07	566,00±22,63	2669,50±16,26	731,50±0,71	6,13±0,00	89,78±0,53
IndicaV1	180,50±4,95	182,50±4,95	-2,00±0,00	244,50±6,36	64,00±1,41	7,00±0,00	-
IndicaV2	390,50±10,61	395,00±11,31	-4,50±0,71	474,00±16,97	83,50±6,36	7,00±0,00	-
IndicaV3	383,00±11,31	390,00±11,31	-7,00±0,00	452,00±14,14	69,00±2,83	7,00±0,00	-
IndicaBP.Aro1	1565,00±56,56	1544,67±56,50	20,33±2,89	3017,00±114,76	1452,00±58,92	6,53±0,07	92,73±0,45
IndicaSK.Aro2	2202,00±11,31	1690,00±21,21	512,00±32,53	3063,00±4,24	861,00±15,56	6,37±0,05	89,35±0,07
IndicaSK.Aro3	2355,00±11,31	1808,00±14,14	547,00±2,83	3203,50±19,09	848,50±7,78	6,43±0,05	89,38±0,04
IndicaSK.Aro4	2350,50±33,23	1803,50±16,26	547,00±16,97	3292,00±59,40	941,50±26,16	6,40±0,00	88,60±0,00
IndicaSK.Aro5	2238,50±40,31	1716,00±7,07	522,50±33,23	3080,00±22,63	841,50±17,68	6,37±0,05	89,30±0,07
IndicaJ.Aro6	3688,50±4,95	2013,50±55,86	1675,00±60,81	3163,50±62,93	-525,00±67,88	5,80±0,09	79,08±1,10
IndicaJ.Aro7	3558,50±28,99	1965,00±4,24	1593,50±24,75	3046,50±13,44	-512,00±15,56	5,63±0,05	85,83±0,67
IndicaJ.Aro8	3871,50±116,67	2116,50±84,15	1755,00±32,53	3015,00±94,75	-856,50±21,92	5,97±0,05	76,80±0,00
IndicaJ.Aro9	3820,00±46,67	2148,50±31,82	1671,50±78,49	3613,00±36,60	-207±86,27	5,87±0,09	84,23±0,53
IndicaInt	3586,50±37,48	3135,50±17,68	451,00±55,15	5160,00±76,37	1573,50±38,89	6,40±0,00	84,20±0,42

Código	Pico	Vala 1	Breakdown	Viscosidade final (cP)	Setback	Tempo do pico	Pasting Temperature (°C)
JaponicaL1	2676,50±51,62	1879,00±42,43	797,50±9,19	3091,00±39,60	414,50±12,02	6,30±0,05	79,10±0,00
JaponicaL2	2555,00±28,28	1854,50±30,40	700,50±2,12	2933,50±26,16	378,50±2,12	6,47±0,00	81,15±0,56
JaponicaL3	2432,5±40,30	1804±4,24	628,5±44,55	2900,5±21,92	468±18,38	6,37±0,05	89,23±0,95



JaponicaL4i	3239,50±0,71	1913,5±26,16	1326,00±25,46	3159,50±26,16	-80,00±25,46	6,10±0,05	82,25±0,00
JaponicaL5i	3109,67±24,58	1935,00±41,73	1174,67±18,23	3176,33±44,61	66,67±21,39	6,20±0,00	83,03±0,03
JaponicaL6i	3027±90,51	1872,50±50,20	1154,50±40,31	3117,00±79,20	90,00±11,31	6,17±0,05	83,13±0,04
JaponicaL7i	3140,50±19,09	1894,00±59,40	1246,50±40,31	3142,00±42,43	1,50±2,12	6,17±0,05	83,50±0,57
JaponicaA8	2427,50±53,03	1899,50±41,72	528,00±11,31	3050,50±40,31	623,00±12,73	6,57±0,05	90,12±0,04
JaponicaA9	2188,00±21,21	1645,50±33,23	542,50±54,45	2789,00±19,80	601,00±1,41	6,47±0,09	89,72±0,60
JaponicaA10	2520,00±19,80	1977,50±27,58	542,50±7,78	3086,00±26,87	566,00±7,07	6,70±0,05	88,93±0,53
JaponicaT11	2517,00±18,38	2020,00±57,98	497,00±39,60	3215,00±12,56	698,00±2,83	6,63±0,14	91,65±0,00
JaponicaT12	2824,00±26,87	2180,50±19,09	643,50±7,78	3430,00±33,94	606,00±7,07	6,53±0,00	89,35±0,07
JaponicaT13	2647,50±34,65	2106,50±62,93	541,00±28,28	3228,50±40,31	581,00±5,66	6,60±0,09	90,88±0,04
JaponicaO14	2199,00±1,41	1723,50±12,02	475,50±13,44	2829,50±14,85	630,50±13,44	6,53±0,09	90,50±0,57
JaponicaO15	2067,00±38,18	1573,50±13,44	493,50±24,75	2793,50±24,75	726,50±13,44	6,43±0,05	91,30±0,49
JaponicaN16	2533,50±36,06	1979,00±9,90	554,50±26,16	3034,00±36,77	500,50±0,71	6,67±0,00	90,13±0,04
JaponicaN17	2420,00±74,95	1828,50±28,99	591,50±45,96	2863,50±44,55	443,50±30,41	6,60±0,00	89,68±0,60
JaponicaN18	2479,50±0,71	1876,00±21,21	603,50±20,51	2949,00±24,04	469,50±23,33	6,57±0,05	89,78±0,53
JaponicaAr19	2545,00±8,49	1988,50±4,95	556,50±13,44	3040,50±4,95	495,50±13,44	6,63±0,05	89,33±0,04
JaponicaAr20	2527,00±32,53	1925,00±18,38	602,00±14,14	2999,00±29,70	472,00±2,83	6,70±0,05	90,18±0,04
JaponicaR21	3020,50±6,36	2157,00±1,41	863,50±7,78	3172,00±7,07	151,50±0,71	6,47±0,00	82,28±0,11
JaponicaR22	2881,00±64,37	2057,67±16,29	823,33±49,57	3154,33±49,69	273,33±18,90	6,44±0,04	80,95±0,48
JaponicaF23	3179,33±41,14	2186,33±41,00	993,00±29,10	3406,67±43,56	227,33±18,82	6,40±0,07	80,38±0,42
JaponicaE24	2755,50±0,71	2007,00±26,87	748,50±26,16	3150,00±7,07	394,50±6,36	6,53±0,00	89,30±0,07
JaponicaM25i	3775,50±21,92	2544,50±4,95	1231,00±26,87	3738,50±9,19	-37,00±12,73	6,30±0,05	74,48±0,04
JaponicaP26	2344,50±20,51	1897,50±21,92	447,00±1,41	3009,00±16,97	664,50±3,54	6,70±0,05	90,93±0,04
JaponicaG.M1	2527,50±106,77	1944,50±108,19	583,00±1,41	3119,50±55,86	592,00±50,91	6,60±0,09	88,90±0,57
JaponicaG.M2i	2372,50±10,61	1541,00±24,04	831,50±34,65	2846,00±15,56	473,50±26,16	6,30±0,05	90,18±0,04
JaponicaG.M3	2403,00±213,70	1784,67±180,86	618,33±35,16	2990,00±176,16	587,00±41,33	6,51±0,14	90,17±0,08
JaponicaGm.M4i	2495,50±61,52	1829,00±24,04	666,50±37,48	2941,50±64,35	446,00±2,83	6,53±0,00	88,93±0,60
JaponicaA.M5i	2108,00±69,30	1476,00±79,20	632,00±9,90	2379,00±86,27	271,00±16,97	6,37±0,05	86,25±0,00
JaponicaJ.M6i	2799,50±2,12	1843,00±62,23	956,50±64,35	2865,00±46,67	65,50±48,79	6,47±0,09	87,03±0,04
JaponicaU.R1	2101,00±35,36	1572,00±38,18	529,00±2,83	2548,50±70,00	447,50±34,65	6,50±0,00	90,15±0,07
JaponicaInt	1937,50±9,19	1429,50±2,12	508,00±11,31	2398,00±18,38	460,50±9,19	6,43±0,05	90,55±0,64

## A.5- Tempo de cozedura

<b>Código</b>	<b>t<sub>90%</sub> (minutos)</b>	<b>desvio- padrão</b>
JaponicaL1	23,105	0,911
JaponicaL2	23,045	0,245
JaponicaL3	20,750	0,655
JaponicaL4i	23,575	0,133
JaponicaL5i	25,126	0,572
JaponicaL6i	25,691	0,845
JaponicaL7i	23,913	0,559
JaponicaA8	17,898	0,364
JaponicaA9	18,699	0,198
JaponicaA10	18,591	0,323
JaponicaT11	18,432	0,456
JaponicaT12	17,868	0,465
JaponicaT13	18,037	0,408
JaponicaO14	17,006	0,201
JaponicaO15	15,939	0,784
JaponicaN16	19,168	0,214
JaponicaN17	17,654	0,317
JaponicaN18	15,829	0,127
JaponicaAr19	14,413	0,470
JaponicaAr20	14,957	0,376
JaponicaR21	23,110	0,117
JaponicaR22	22,265	0,257
JaponicaF23	19,553	0,478
JaponicaE24	15,524	0,258
JaponicaM25i	19,695	0,630
JaponicaP26	17,402	0,273
JaponicaG.M1	15,356	0,554
JaponicaG.M2i	19,868	0,247
JaponicaG.M3	19,315	0,464
JaponicaGm.M4i	18,173	0,711
JaponicaA.M5i	14,506	0,751
JaponicaJ.M6i	15,814	0,885
JaponicaU.R1	19,648	0,695
JaponicaInt	25,028	0,173

<b>Código</b>	<b>t<sub>90%</sub> (minutos)</b>	<b>desvio- padrão</b>
IndicaA1i	16,469	0,315
IndicaG2i	18,086	0,589
IndicaP3i	16,873	0,252
IndicaS4	18,625	0,456
Indica1.5	16,921	0,245
Indica2.6	18,353	0,306
IndicaV1	18,364	0,425
IndicaV2	16,428	0,495
IndicaV3	16,440	0,102
IndicaBP.Aro1	11,199	0,455
IndicaSK.Aro2	15,625	0,210
IndicaSK.Aro3	14,181	0,365
IndicaSK.Aro4	14,186	0,512
IndicaSK.Aro5	14,240	0,971
IndicaJ.Aro6	15,997	0,278
IndicaJ.Aro7	21,347	0,064
IndicaJ.Aro8	14,161	0,479
IndicaJ.Aro9	15,683	0,015
IndicaInt	23,597	0,596

## B. Correlação entre parâmetros

A tabela seguinte apresenta o valor de r (coeficiente de correlação de Pearson) entre variáveis avaliadas. Para os coeficientes de correlação de Pearson que apresentem \* demonstra correlação estatisticamente significativa, tendo em conta que (correlação fraca)  $* < ** < *** < ****$  (correlação forte). As correlações de Pearson não significativas estatisticamente apresentam-se como ns.

Variável	H	BV	BT	Ag	kett	% água	c	I	c/I	VP	V <sub>vala</sub>	Bd	VF	SB	t <sub>p</sub>	Tp	t <sub>90%</sub>
H		0,3347 *	ns	ns	0,3869 **	ns	-0,2877 *	ns	ns	0,2809 *	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
BV	0,3347 *		0,5196 ***	ns	0,7215 ***	ns	ns	ns	ns	0,6343 ***	0,6669 ***	0,3943 **	0,7005 ***	ns	-0,4621 ***	ns	ns
BT	ns	0,5196 ***		0,7773 ***	0,7901 ***	ns	-0,4242 **	0,4933 ***	-0,4726 ***	0,6423 ***	0,6498 ***	0,4288 **	0,6070 ***	ns	-0,3525 *	-0,4174 **	ns
Ag	ns	ns	0,7773 ***		0,5301 ***	ns	ns	ns	-0,3642 **	0,4188 **	0,4428 **		0,3881 **	ns	ns	-0,3874 **	ns
Kett	0,3869 **	0,7215 ***	0,7901 ***	0,5301 ***		ns	-0,4117 ***	0,4378 **	-0,4581 ***	0,7954 ***	0,7323 ***	0,6151 ***	0,6940 ***	ns	-0,5134 ***	-0,5340 ***	0,3074 *
% água	Ns	ns	ns	ns	ns		0,3820 **	ns	0,5674 ***	-0,5786 ***	ns	ns	ns	ns	ns	ns	-0,3758 **
c	Ns	ns	-0,4242 **	ns	-0,4117 **	0,3817 **		-0,5982 ***	0,8167 ***	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
I	Ns	ns	0,4933 ***	0,4335 **	0,4378 **	-0,5783 ***	-0,5982 ***		-0,9395 ***	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	0,4289 **
c/I	Ns	ns	-0,4726 ***	-0,3642 **	0,4581 **	0,5674 ***	0,8167 ***	-0,9395 ***		ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	-0,4583 ***
VP	0,2809 *	0,6343 ***	0,6423 ***	0,4188 **	0,7954 ***	ns	ns	ns	ns		0,8744 ***	0,8269 ***	0,8100 ***	ns	-0,7353 ***	-0,6976 ***	ns
V <sub>vala</sub>	Ns	0,6669 ***	0,6498 ***	0,4428 **	0,7323 ***	ns	ns	ns	ns	0,8744 ***		0,4502 ***	0,9662 ***	ns	-0,4762 ***	-0,3863 **	ns
Bd	Ns	0,3943 **	0,4288 **	ns	0,6151 ***	ns	ns	ns	ns	0,8269 ***	0,4502 ***		0,3707 **	-0,7090 ***	-0,8012 ***	-0,6679 ***	0,3432 *
VF	Ns	0,7004 ***	0,6070 ***	0,3881 **	0,6940 ***	ns	ns	ns	ns	0,8100 ***	0,9662 ***	0,3707 **		0,3533 *	-0,5212 ***	ns	ns
SB	Ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	-0,7090 ***	0,3533 *		0,3154 *	0,5501 ***	-0,3100 *

<b>t<sub>pico</sub></b>	Ns	-0,4621 ***	-0,3525 *	ns	-0,5134 ***	ns	ns	ns	ns	-0,7353 ***	-0,4762 ***	-0,8012 ***	-0,5212 ***	0,3154 *		0,5598 ***	ns
<b>T<sub>p</sub></b>	Ns	ns	-0,4174 **	-0,3874 **	-0,5340 ***	ns	ns	ns	ns	-0,6976 ***	-0,3863 **	-0,6679 ***	ns	0,5501 ***	0,5598 ***		-0,4228 **
<b>t<sub>90%</sub></b>	Ns	ns	ns	ns	0,3074 *	-0,3758 **	ns	0,4289 **	-0,4583 ***	ns	ns	0,3432 *	ns	-0,3100 *	ns	-0,4228 **	

Para análise da tabela, ter em conta que: H (humidade), BV (brancura vítrea), BT (brancura total), Ag (área gessada), c (comprimento do grão), l (largura do grão), c/l (relação comprimento-largura), VP (viscosidade do pico), V<sub>vala</sub> (viscosidade da vala), Bd (breakdown), VF (viscosidade final), SB (viscosidade setback), t<sub>p</sub> (tempo do pico), T<sub>p</sub> (temperatura Pasting), t<sub>90%</sub> (tempo de cozedura).

## C. Exemplo Ficha Técnica de Produto



### FICHA TÉCNICA DE PRODUTO

Revisão:

Data:

Código

Produto

Apresentação

Marca

#### 1º. CARACTERIZAÇÃO DO PRODUTO

##### A) Composição Quantitativa

##### B) Características culinárias

Tempo Cozedura a min. Aproximadamente

##### C) Características Conservação

Conservar em lugar fresco e seco

##### D) Características Organoléticas

Sabor Característico

Cor Uniforme

Odores Característico, sem odores estranhos

##### E) Características físico-químicas

Tamanho  $\geq$  mm UniformeRelação comprimento/largura  $\leq$  c/l <Humidade  $\leq$  + %

Aditivos Ausência

##### F) Características (Extra - Percentagens máximas)

Gessados : + %

Graos Estriados vermelhos : + %

Grãos danificados ou escuros : + %

Grãos amarelos manchados ou ambarinos : + %

Trincas : + %

Impurezas : + %

Nota: Pontualmente é admitida uma diferença de 0,5 %

##### G) Informação Nutricional

(100g)

a) Valor Energético kcal kJ

b) Lípidos g

dos quais saturados g

c) Hidratos Carbono g

dos quais Açúcares g

d) Fibra g

e) Proteínas g

f) Sódio g

#### 2º. PROCESSO DE ELABORAÇÃO

##### A) Utilização prevista

O arroz destina-se a ser consumido pelo público em geral, de todas as idades após ter sido cozido. Entende-se por cozedura, quando se coloca o arroz em água a ferver durante pelo menos 10 minutos até este ficar cozido a gosto.

Pode ser consumido por todas as pessoas, uma vez que não possuiu alergéneos, nem colesterol, nem açúcares.

NOVARROZ - PRODUTOS ALIMENTARES, S.A.  
Rua da Moura, 43 • Adaes • 3720 - 581 UL • Oliveira de Azemeis • PORTUGAL  
Tel.(Phone): +351 256 690 010 • Fax (Telefax): +351 256 690 011 • E-mail: geral@novarroz.pt •  
www.novarroz.pt  
Capital social 10.000.782,00 €, registo na C.R.C. de Oliveira de Azemeis NIF (VAT) nº 503 249 734





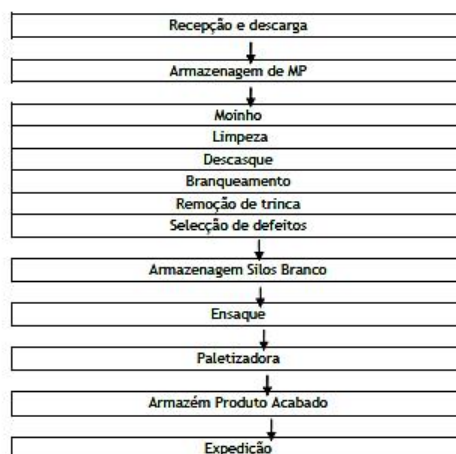
## FICHA TÉCNICA DE PRODUTO

Revisão:

Data:

Código  
Produto  
Apresentação  
Marca

## B) Fluxograma



## C) Características Microbiológicas

	Especificação Interna
Aeróbios Mesófilos	Máx $1 \times 10^6$ ufc/g
Bolores	Máx $1 \times 10^4$ ufc/g
Leveduras	Máx $1 \times 10^4$ ufc/g
E.Coli	Máx $1 \times 10^2$ ufc/g
B.Cereus	Máx $1 \times 10^2$ ufc/g

## 3°. CONTROLOS QUALIDADE

Fabricado de acordo com a norma Segurança Alimentar BRC e IFS. Certificação dos sistemas concedida por SGS.

Arroz isento de OGM e não sujeito a radiação ionizante.

## A) Material de Embalagem e Matéria-Prima

- a) Aprovação de Fornecedores
- b) Acordos de Qualidade
- c) Análises Materiais de Embalagem
- d) Análises ao arroz

## 4°. LEGISLAÇÃO APLICÁVEL

D.L. 157/2017 (Portugal).

ISO 7301:2011

Norma Geral rotulagem e normas gerais generos alimenticios.  
códex 198-1995

Os dados indicados nesta Ficha Técnica podem ser susceptíveis de sofrer algum tipo de modificação devido, fundamentalmente, às variações próprias das Matérias Primas ou do Processo Produtivo.

NOVARROZ • PRODUTOS ALIMENTARES, S.A.  
Rua da Moura, 43 • Adães • 3720 • 581 UL • Oliveira de Azeméis • PORTUGAL  
Tel.(Phone): +351 236 690 010 • Fax (Telefax): +351 236 690 011 • E-mail: geral@novarroz.pt •  
www.novarroz.pt  
Capital social 10.000.782,00 €, registo na C.R.C. de Oliveira de Azeméis NIF (VAT) nº 503 249 734





## FICHA TÉCNICA DE PRODUTO

Revisão:

Data:

Código  
Produto  
Apresentação  
Marca

## 5º. DADOS LOGÍSTICOS

## A) Embalagem

## a) Unidade consumo

1 pacote de 1 kg de polipropileno complexo

largura mm  
altura mm  
profundidade mm

## b) Agrupação

12 unidades de consumo agrupadas c/ polietileno retráctil c/código impresso

largura mm  
altura mm  
comprimento mm

## c) Palete

60 agrupações por palete (720 pacotes de 1 kg), c/ 10 agrupações de base x 6 de altura, envolto em polietileno estirável.

largura mm  
altura mm  
comprimento mm

	Peso Líquido (Kg)	Peso Bruto (Kg)
Unidade consumo		
Agrupação		
Palete		

## B) Codificação

## a) Data de consumo preferente

12 meses a partir da data de embalamento

## b) Lotes de Fabricação

Lote X Y ZZ

X último dígito ano

Y número dia semana

Segunda-feira 1

Terça-feira 2

Quarta-feira 3

Quinta-feira 4

Sexta-feira 5

ZZ semana fabricação

Nota: o Lote é constituído apenas por estes 4 dígitos mencionados anteriormente.

Ressalvamos que a nossa codificação contém mais informação que deverá ser tratada como informação interna da Novarroz.

## c) Outros códigos

EAN

ITF

Código Interno

Código Pautal

Elaborado por

Diogo Lemos

NOVARROZ • PRODUTOS ALIMENTARES, S.A.  
Rua da Moura, 43 • Adães • 3720 • 581 UL • Oliveira de Azeméis • PORTUGAL  
Tel.(Phone): +351 256 690 010 • Fax (Telefax): +351 256 690 011 • E-mail: geral@novarroz.pt •  
www.novarroz.pt  
Capital social 10.000.782,00 €, registo na C.R.C. de Oliveira de Azeméis NIF (VAT) nº 503 249 734

